



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## TŘÍVÁLCOVÉ MOTORY

THREE-CYLINDER ENGINES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Antonín Kočvara

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lubomír Drápal

BRNO 2017

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Antonín Kočvara**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Lubomír Drápal**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Tříválcové motory

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce rešeršní povahy zaměřená na historický vývoj a konstrukci čtyřdobých řadových tříválcových motorů osobních vozů.

### Cíle bakalářské práce:

Nastínit důvody vedoucí k použití tříválcové koncepce u řadových čtyřdobých motorů. V historickém přehledu zmapovat vývoj čtyřdobých řadových tříválcových motorů z hlediska jejich parametrů a konstrukce od nejstarších dob až po současnost. Při popisu konstrukce jednotlivých motorů pojednat i o vyvážení jejich klikového mechanismu. V závěru vše zhodnotit a nastínit další možný vývoj.

### Seznam literatury:

HEISLER, H. Advanced Engine Technology. 1st edition. Oxford (Great Britain): Arnold, 1995, reprint 2002. ISBN 1-56091-734-2.

Kolektiv autorů VÚNM a ČKD. Naftové motory čtyřdobé. 1. díl. Druhé vydání. Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1962. L123-B3-IV-41/2490.

HEYWOOD, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 1st edition. New York: McGraw-Hill, 1988. ISBN 0-07-028637-X.

MTZ Motorentechnische Zeitschrift. Wiesbaden: Springer Wieweg | Springer Fachmedien Weisbaden, 1939-. ISSN 0024-8525.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Hlavním cílem této práce je shrnout vývoj čtyřdobých řadových tříválcových motorů od počátku jejich výroby do dnešní doby, jak z hlediska parametrů, tak z hlediska konstrukce. Dalším cílem je přiblížit důvody jejich využívání. Důvody využívání jsou vesměs porovnávány se čtyřválcovým motorem a některé jsou i podloženy výpočtem. Součástí práce je i kapitola popisující silová působení v hnacím ústrojí a jejich vliv na tříválcový motor. V závěru práce je pojednáno o možném budoucím vývoji řadových tříválcových motorů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

tříválcový motor, klikový hřídel, zdvihový objem, blok motoru, moment

## ABSTRACT

The main purpose of this thesis is to summarize the progress of four-stroke straight-three engines from the beginning of their production to these days in perspective of parameters and construction. Another goal is to show reasons for their exploitation. The reasons of exploitation are mostly compared to four-cylinder engine and some of them are supported by a calculation. There is also a chapter showing force acting in power train and its influences on straight-three engines. The closing part is dealing with possible ways in future development of straight-three engines.

## KEYWORDS

three-cylinder engine, crankshaft, engine displacement, engine block, couple

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOČVARA, A. *Tříválcové motory*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Lubomír Drápal.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Lubomíra Drápala a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Antonín Kočvara

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce panu Lubomíru Drápalovi za ochotu, vstřícnost, podnětné rady a připomínky během vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat svojí rodině za podporu během studia.

## OBSAH

Úvod .....	9
1 Princip tříválcového motoru .....	10
1.1 Vyvažování klikového mechanismu .....	10
1.2 Porovnání točivých momentů na klikovém hřídeli tříválcového a čtyřválcového motoru.....	12
2 Důvody využívání .....	19
2.1 Vliv tření .....	19
2.2 Vliv plochy kompresního prostoru .....	21
2.3 Vliv hmotnosti a velikosti .....	24
2.4 Vliv zátěže na životní prostředí .....	25
3 Počátky tříválcové koncepce .....	26
3.1 Brooke 14 HP.....	26
3.2 Argyll 12/14 HP .....	27
3.3 Maudslay 20 HP.....	28
3.4 Vauxhall 12/14 HP.....	29
3.5 Duryea 10 HP.....	30
3.6 Ostatní tříválcové motory z počátku 20. století .....	32
4 Tříválcové motory v poslední čtvrtině 20.století.....	35
4.1 Suzuki F5A .....	35
4.2 Daihatsu CB20.....	36
4.3 Daewoo S-TEC 0,8 L.....	39
4.4 Volkswagen 1,2 TDI 3L & 1,4 TDI.....	40
5 Tříválcové motory v 21. století.....	42
5.1 Škoda 1,2 HTP .....	42
5.2 Ford 1,0 Ecoboost .....	45
5.3 BMW B38.....	47
5.4 Hyundai 1,0 CVVT.....	48
Závěr.....	50
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	57
Seznam příloh .....	60



## ÚVOD

V počátcích automobilismu byly tříválcové motory hojně využívány. Jejich potenciál ale zůstal nenaplněn, jelikož trh se ubíral jinou cestou. Inženýři tehdy nebyli tlačeni k hledání řešení, jak snižovat zátěž automobilu na životní prostředí a vozy nemusely plnit přísné emisní normy, tudíž hlavní podíl na trhu měly čtyřválcové, šestiválcové a osmiválcové motory. Preference trhu se začaly měnit v polovině 70. let 20. století. Od té doby podíl vozů se čtyřdobým řadovým tříválcovým motorem roste až dodnes.

Trendem moderní doby v automobilovém průmyslu je snižování zátěže na životní prostředí. Zároveň s tím se výrobci snaží o vývoj motorů s co nejvyšší účinností. Obě podmínky tříválcové motory splňují. V posledních třech dekádách 20. století a na počátku 21. století se tyto motory uplatňovaly u malých osobních vozů, které se svým charakterem hodí pro městský provoz nebo pro krátké přesuny mimo město. Pro větší automobily byly ale příliš slabé. To se změnilo se začátkem této dekády, kdy nastoupil tzv. „downsizing“, což znamená snižování zdvihového objemu s pomocí turbodmychadla při zachování podobných výkonových charakteristik jako u čtyřválcového nepřepřehnaného motoru, který většinou nahrazovaly. Dnes můžeme tříválcové motory najít i ve vozech střední třídy, jako například Ford Mondeo nebo BMW řady 3.

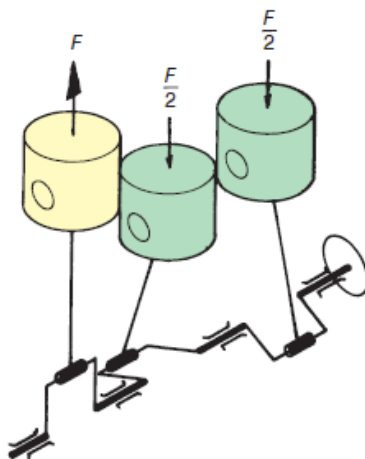
# 1 PRINCIP TRÍVÁLCOVÉHO MOTORU

Z důvodu lichého počtu válců nemá tříválcový motor plochý klikový hřídel. Pro rovnoměrné rozestupy zážehů musí kliky na klikovém hřídeli tvořit pravidelnou hvězdicí. V případě tříválcového motoru je rozestup mezi klikami  $120^\circ$ . U čtyřdobého motoru trvá celý spalovací proces dvě otáčky klikového hřídele, což je  $720^\circ$ . Po vydělení tohoto úhlu počtem válců zjistíme, že načasování mezi jednotlivými zážehy je každých  $240^\circ$ . Delší zapalovací interval dělá z tříválcového motoru vhodný pro přeplňování [1].

Dalším důležitým hlediskem je pořadí zapalování. Nejčastější pořadí zážehů je 1-2-3. Další používané pořadí je 1-3-2. U motorů s více než třemi válci se zpravidla volí tak, aby zapálení směsi následovalo v co nejvzdálenějších válcích. Tím se dosáhne menšího namáhání hlavních ložisek klikového hřídele. Při zvoleném pořadí zážehů je nutná kontrola, jestli není nepřiměřeně namáhán klikový hřídel torzními kmity. U tříválcového motoru má však změna pořadí zážehů vzhledem k malému počtu válců zanedbatelný vliv na mechanické namáhání klikového mechanismu [2].

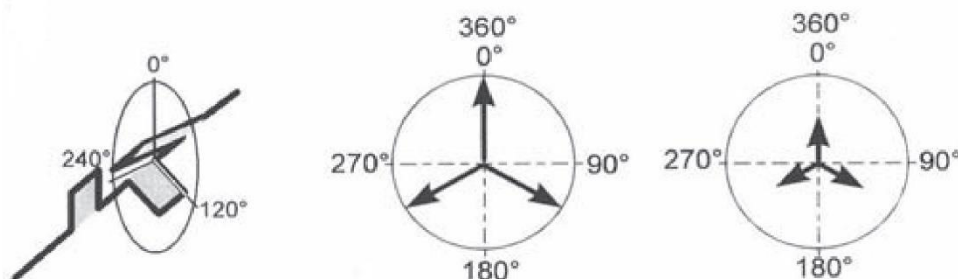
## 1.1 VYVAŽOVÁNÍ KLIKOVÉHO MECHANISMU

V každém motoru vznikají díky pohybu klikového ústrojí síly a momenty, které mají vliv na jeho vibrace, hluk a životnost součástí. Z toho důvodu se tyto síly a momenty snažíme eliminovat nebo alespoň zmírnit. Dělíme je na síly a momenty primární (vnitřní) a sekundární (vnější nebo volné). Vnitřní síly vznikají od tlaku plynů. U tříválcového motoru jsou v rovnováze. Vnější síly vznikají setrvačnými účinky pohybujícího se klikového mechanismu a jejich momenty se přes jednotlivé díly motoru přenáší do uložení motoru. Pocházejí od částí rotačních i posuvných. Rotační části jsou části zalomení klikového hřídele redukované na poloměr kliky a otáčející se část ojnice, posuvná část je část pístu s pístním čepem a kroužky a posuvná část ojnice [3], [4].



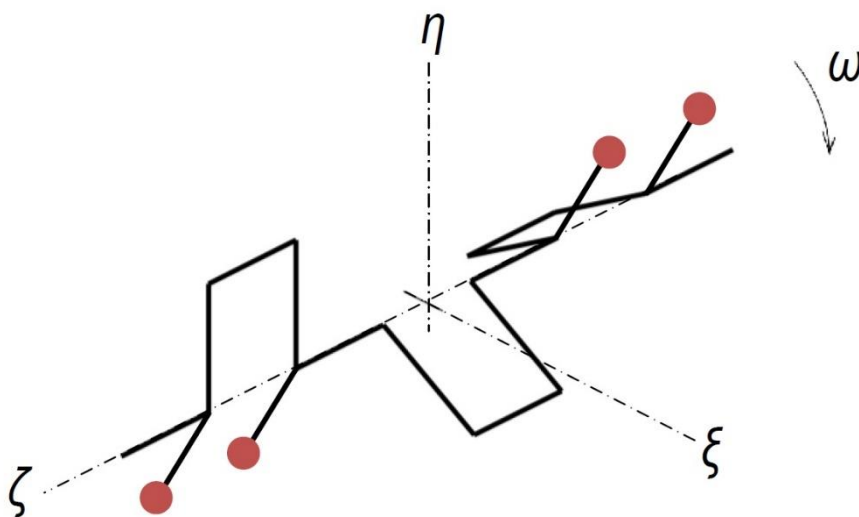
Obr. 1 Primární síly u tříválcového motoru (pro úhel natočení klikového hřídele  $\alpha=0^\circ$ ) [5].

U tříválcového motoru je výslednice setrvačných sil posuvných i rotujících částí nulová. To je dáno  $120^\circ$  rozestupy mezi jednotlivými klikami. Tyto síly ale vytváří momenty, které v rovnováze nejsou. Působící momenty v tříválcovém motoru dělíme na momenty setrvačných sil rotujících částí a momenty setrvačných sil posuvných částí.



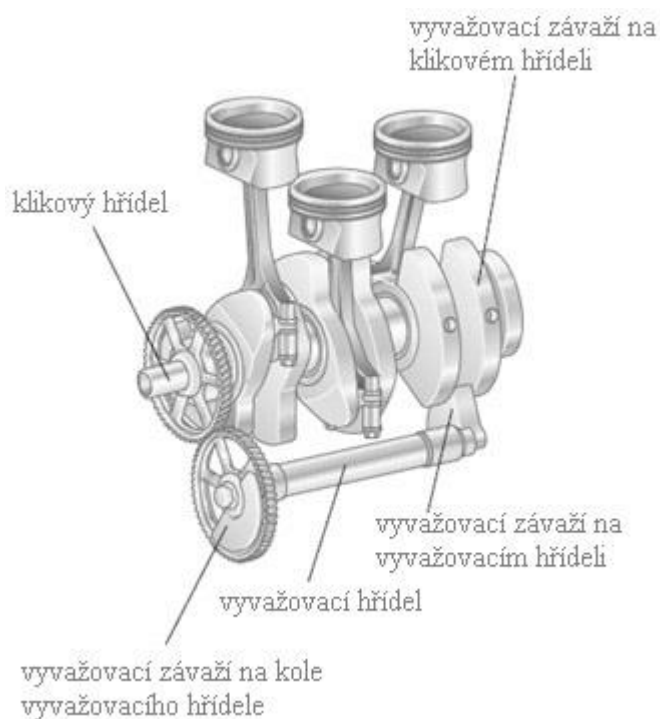
Obr. 2 Kliková hvězdice a setrvačné síly 1. a 2. řádu u řadového tříválcového motoru [6].

Momenty setrvačných sil rotujících částí mají negativní vliv na ložiska klikového hřídele a rovněž zatěžují uložení motoru. U tříválcového motoru se projevují jako momenty točivé a klopné. Tyto momenty mají tendenci vychylovat klikový hřídel. Působení těchto momentů lze vyrušit protizávaží na klikovém hřídeli dvěma způsoby. První způsob spočívá v tom, že u každého zalomení se samostatně vyváží volná setrvačná síla otáčejících se částí. Tím je zamezeno i vzniku volného podélného momentu. Nevýhodou je velký počet protizávaží zvyšující moment setrvačnosti i hmotnost klikového ústrojí. Druhou možností je určení velikosti volného momentu a vyrušení opačně orientovaným momentem stejné velikosti pomocí dvojice protizávaží [3].



Obr. 3 Momentové vyvážení momentů setrvačných sil rotujících částí [8].

Momenty setrvačných sil posuvných částí se projevují pouze jako momenty klopné. V praxi rozlišujeme mezi momenty 1. a 2. řádu. Momenty 1. řádu můžeme vyvážit dvěma způsoby. Prvním způsobem je částečné vyvážení závažími na klikovém hřídeli, popřípadě řemenici nebo setrvačníku. Toto řešení nevede k úplnému vyvážení, jde spíše o úpravu výsledného vektorového momentu. Druhým způsobem je užití vyvažovacího hřídele, který se otáčí stejnou úhlovou rychlostí, ale opačným směrem. Pomocí vyvažovacího hřídele a vývažků na klikovém hřídeli lze dosáhnout úplného vyvážení. Momenty 2. řádu nevyvažujeme vzhledem k jejich malému vlivu a velké náročnosti vyvažovacího ústrojí. Úplného vyvážení by bylo možno dosáhnout pouze v případě, kdyby společné těžiště celého klikového ústrojí bylo shodné s těžištěm otáčejícího se klikového hřídele [6], [7], [8].



Obr. 4 Vyvažovací ústrojí řadového tříválcového motoru [9].

## 1.2 POROVNÁNÍ TOČIVÝCH MOMENTŮ NA KLIKOVÉM HŘÍDELI TRÍVÁLCOVÉHO A ČTYŘVÁLCOVÉHO MOTORU

Síly od tlaků plynů působící na dno pístu se přes ojnice přenášejí na klikový hřídel, kde vytváří točivý moment [2]. Klikový mechanismus má při určitých otáčkách danou střední kinetickou energii a průběh tohoto točivého momentu ji zvyšuje či snižuje. To má za následek změnu úhlové rychlosti klikového hřídele, což určuje tzv. nerovnoměrnost chodu. Nerovnoměrnost chodu má vliv na vibrace a hluk motoru. Motory s menším počtem válců se s nerovnoměrností chodu potýkají ve větší míře než motory s více válci. Z toho důvodu bude porovnán tříválcový motor se čtyřválcovým. Aby byly momenty porovnatelné, musíme porovnat dva motory o stejném zdvihovém objemu, stejném poměru zdvihu k vrtání a stejném ojnicím poměru  $\lambda$ . Zadané hodnoty vrtání a zdvihu jsou shodné s těmi u tříválcového motoru Škoda 1,2 HTP. Velikosti momentů budou porovnány při částečné a plné zátěži a pro dvě hodnoty otáček motoru. Zadané hodnoty jsou shrnuty v *Tabulce 1*.

Tab. 1 Zadané hodnoty pro tříválcový motor.

Vrtání	D	[mm]	76,5
Zdvih	Z	[mm]	86,9
Délka ojnice	l	[mm]	138
Hmotnost posuvných částí	m	[kg]	0,394
První hodnota otáček motoru	n <sub>1</sub>	[min <sup>-1</sup> ]	2000
Druhá hodnota otáček motoru	n <sub>2</sub>	[min <sup>-1</sup> ]	5000

Dalšími zadanými hodnotami jsou hodnoty tlaků pro každý stupeň natočení klikového hřídele, jak pro 2000 min<sup>-1</sup>, tak pro 5000 min<sup>-1</sup>. Průběh tlaků byl získán měřením na motoru 1,2 HTP. Ve výpočtu se uvažuje konstantní úhlová rychlost klikového hřídele a klikový hřídel jako absolutně tuhé těleso. Postup pro výpočet je vysvětlen níže.

Nejprve si určíme zrychlení pístu [2]:

$$a = r\omega^2(\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha), \quad (1)$$

kde  $r$  je poloměr kliky (polovina zdvihu  $Z$ ),  $\omega$  je úhlová rychlost otáčení klikového hřídele,  $\alpha$  je úhel natočení klikového hřídele a  $\lambda$  je ojnicí poměr.

Úhlová rychlost otáčení klikového hřídele se vypočítá:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad (2)$$

kde  $n$  jsou otáčky motoru.

Ojnicí poměr je dán vztahem [2]:

$$\lambda = \frac{r}{l}. \quad (3)$$

Dále určíme velikost setrvačných sil posuvných částí [2]:

$$S_p = -ma. \quad (4)$$

Velikost síly od tlaku plynů [2]:

$$P_p = S_{píst}(p - p_0), \quad (5)$$

kde  $S_{píst}$  je čelní plocha pístu,  $p$  je tlak ve spalovacím prostoru a  $p_0$  je tlak v klikové skříni. Tlak  $p_0$  můžeme v rámci tohoto výpočtu považovat za konstantní.

Výsledná síla působící v ose válce je součtem velikostí síly od tlaku plynů a velikosti setrvačných sil posuvných částí [2]:

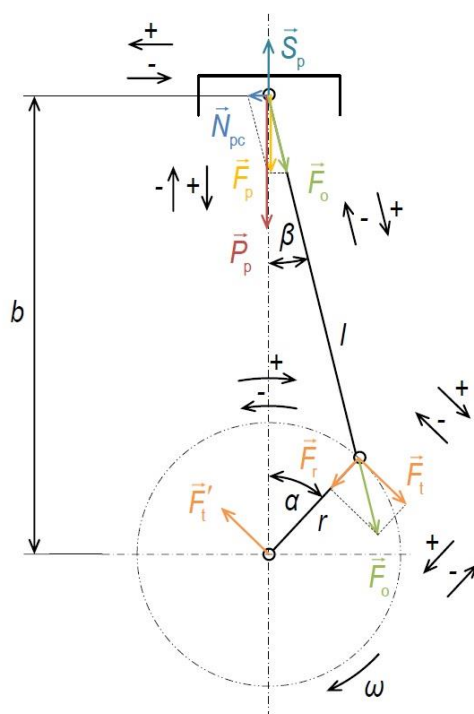
$$F_p = S_p + P_p. \quad (6)$$

Pro další výpočty bude nutné vyjádřit úhel vychýlení ojnice od osy válce. Ten určíme pomocí sinové věty z trojúhelníku, jehož strany budou poloměr kliky, délka ojnice a vzdálenost mezi středem pístního čepu a průsečíkem osy válce a osy klikového hřídele [2]:

$$\sin \beta = \frac{r \sin \alpha}{l}. \quad (7)$$

Nyní zbývá určit výsledný točivý moment na hlavním čepu [2]:

$$M_t = F_p r \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}. \quad (8)$$



Obr. 5 Rozklad sil na pístním a ojnicím čepu [10].

Momenty na jednotlivých čepech poté sečteme. Získáme celkový moment v místě jeho odběru na klikovém hřídeli.

Pro čtyřválcový motor je nutné přepočítat hodnoty zdvihu a vrtání tak, aby celkový zdvihový objem byl nezměněn a poměr zdvihu k vrtání zůstal zachován.

Budeme vycházet ze vztahu pro výpočet zdvihového objemu jednoho válce:

$$V_z = \frac{Z\pi D^2}{4}. \quad (9)$$

Indexy 1 platí pro tříválcový motor, indexy 2 pro čtyřválcový motor:

$$V_{z_1} = \frac{Z_1\pi D_1^2}{4} \Rightarrow 4V_{z_1} = Z_1\pi D_1^2, \quad (9a)$$

$$V_{z_2} = \frac{Z_2\pi D_2^2}{4} \Rightarrow 4V_{z_2} = Z_2\pi D_2^2. \quad (9b)$$

Jak je ukázáno v rovnici (23), tříválcový motor má větší zdvihový objem jednoho válce, než čtyřválcový motor v poměru 4:3:

$$4 \frac{3V_{z_2}}{4} = Z_2\pi D_2^2 \Rightarrow \frac{3V_{z_2}}{\pi} = Z_2 D_2^2.$$

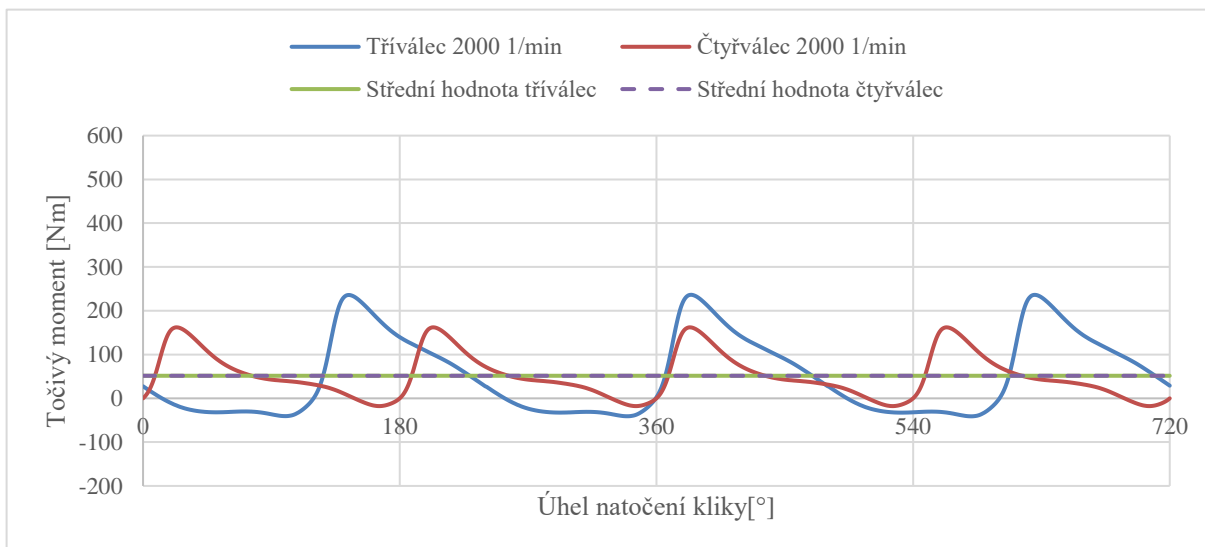
Nyní stačí jen využít stejného poměru vrtání k zdvihu a vyjádřit zdvih válce čtyřválcového motoru:

$$\frac{D_1}{Z_1} = \frac{D_2}{Z_2} = konst., \quad (10)$$

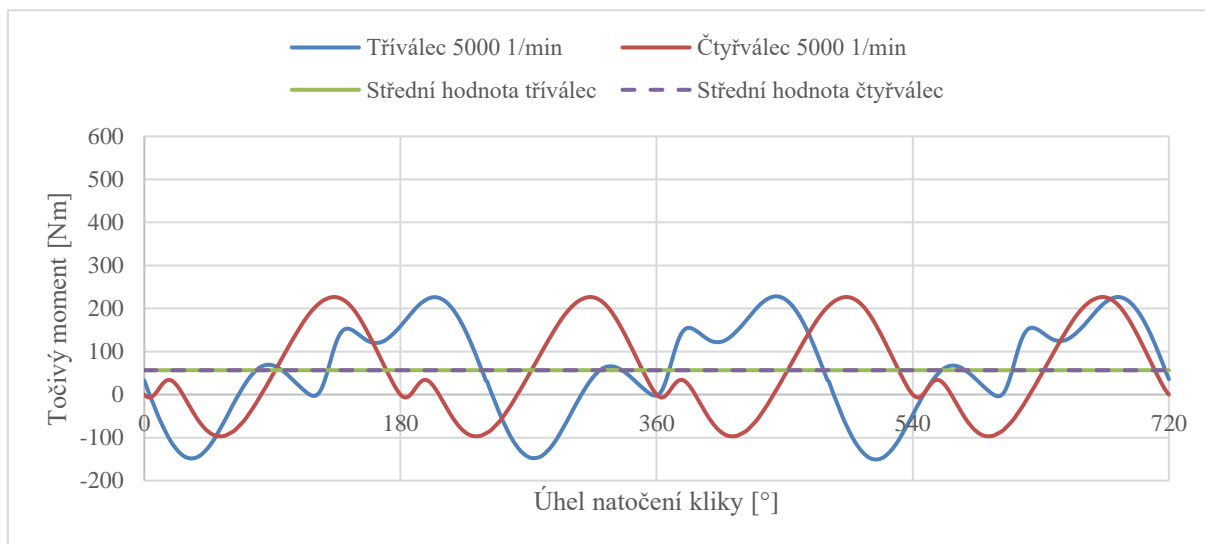
$$\frac{3V_{z_2}}{\pi} = Z_2^3 konst.^2 \Rightarrow Z_2 = \sqrt[3]{\frac{3V_{z_2}}{\pi} \frac{D_1^2}{Z_1^2}}. \quad (11)$$

K získání nových rozměrů vrtání a délky ojnice stačí dát do poměru zdvih tříválcového a čtyřválcového motoru. Ve stejném poměru budou i vrtání s délkami ojnic. Postup pro výpočet momentu v místě jeho odběru na klikovém hřídeli je obdobný jako u tříválcového motoru.

Výpočty byly provedeny pro částečnou zátěž, kdy je tlak ve spalovacím prostoru poloviční, a pro plnou zátěž. Oba módy byly vypočítány pro otáčky  $2000 \text{ min}^{-1}$  a  $5000 \text{ min}^{-1}$ . Výsledky pro částečnou a plnou zátěž jsou zobrazeny níže.



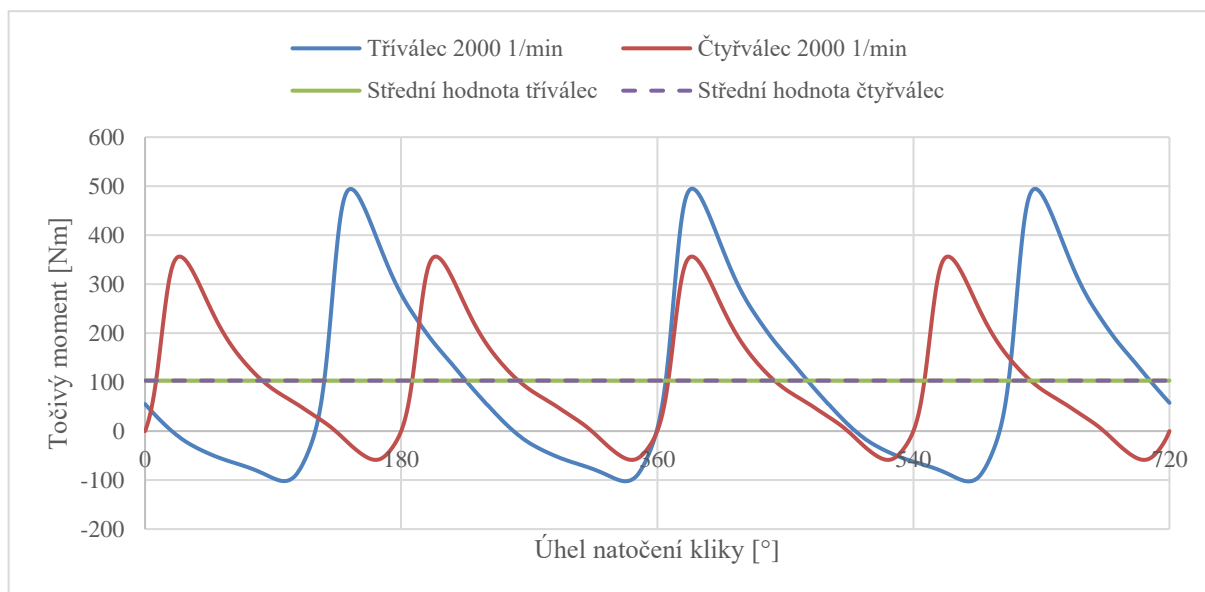
Obr. 6 Porovnání momentu v místě jeho odběru z klikového hřídele při částečné zátěži na  $2000 \text{ min}^{-1}$ .



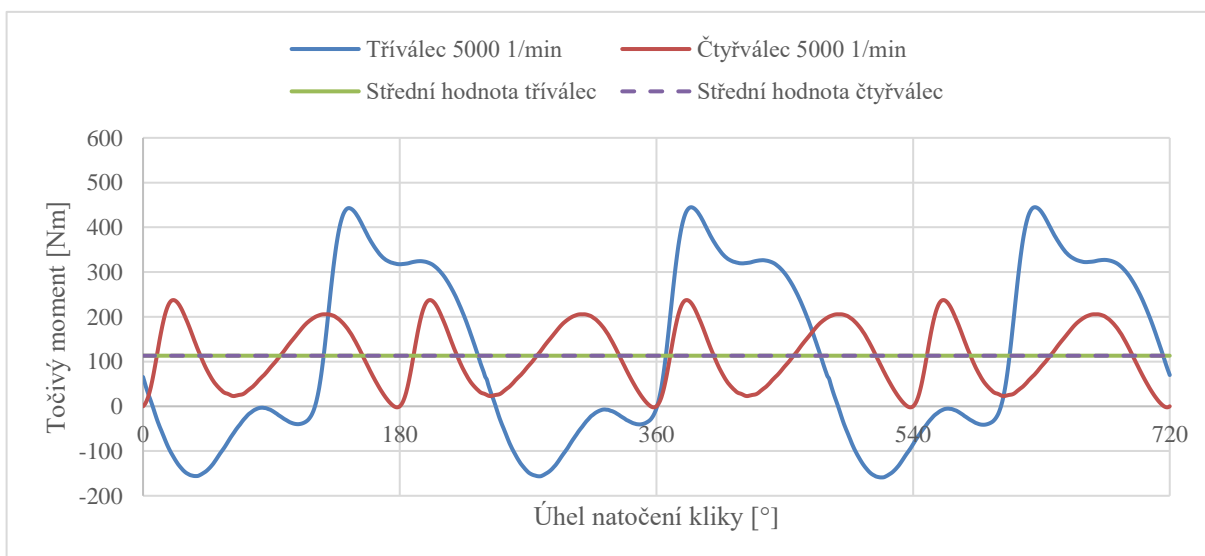
Obr. 7 Porovnání momentu v místě jeho odběru z klikového hřídele při částečné zátěži a  $5000 \text{ min}^{-1}$ .

Z grafů pro částečné zatížení je patrné, že rozkmity s rostoucími otáčkami mírně rostou. Přesto rozdíl mezi rozkmity u tříválcového a čtyřválcového motoru klesá. To může být dáno tím, že u čtyřválcového motoru je točivý moment od setrvačných sil posuvných částí 2. řádu ve stejné fázi ve všech válcích a vzhledem k částečnému zatížení tyto účinky dominují.





Obr. 8 Porovnání momentu v místě jeho odběru z klikového hřídele při plné zátěži a 2000 min<sup>-1</sup>.



Obr. 9 Porovnání momentu v místě jeho odběru z klikového hřídele při plné zátěži a 5000 min<sup>-1</sup>.

Z obrázků je patrné, že střední hodnota točivého momentu se u tříválcového a čtyřválcového motoru rovná. To může být zdůvodněno stejným zdvihovým objemem a stejným průběhem tlaků obou motorů.

Dále můžeme vidět, že rozkmit točivého momentu od střední hodnoty je větší u tříválcového motoru než u čtyřválcového. Hodnota rozkmitu točivého momentu má vliv na rovnoměrnost chodu motoru.

Plochy ohraničené křivkami průběhů točivých momentů a středních hodnot ukazují přebytky, či nedostatky kinetické energie, které je potřeba vyrovnávat. Velikost této energie je dána otáčkami motoru a setrvačnými účinky. Z toho vyplývá, že rovnoměrnost chodu lze ovlivnit například konstrukcí setrvačníku.

Z grafů lze dále sledovat, že při plné zátěži se s rostoucími otáčkami zmenšuje rozkmit. V porovnání se čtyřválcem se ale s rostoucími otáčkami rozdíl mezi rozkmity zvětšuje. To souvisí s měnícím se poměrem mezi setrvačnými účinky a účinky od tlaku plynů.

## 2 DŮVODY VYUŽÍVÁNÍ

V počátcích automobilismu byly tříválcové motory využívány zejména z důvodu lepších výkonových charakteristik a relativně malého cenového rozdílu oproti dvouválcovým motorům. Další vlna tříválcových motorů přišla ve 40. a 50. letech 20. století, a to především v Německu a Švédsku. Tříválcové dvoudobé motory používaly automobilky DKW, IFA, Barkas, Wartburg nebo Saab. Dále se dvoudobé tříválcové motory používaly v malých japonských vozech. Oproti čtyřdobým motorům, kde dochází k zapálení směsi každé dvě otáčky klikového hřídele, u dvoudobých motorů k zážehu dochází každou otáčku klikového hřídele [12]. Protože u tříválcce dojde během jedné otáčky klikového hřídele dohromady ke třem zážehům, je průběh krouticího momentu rovnoměrnější ve srovnání se čtyřdobým motorem [7].

Koncem 70. let 20. století se čtyřdobé tříválcové motory začaly objevovat v malých městských vozech, především asijské produkce, kde nahrazovaly dvoudobé dvouválce a tříválce. Ve velkých asijských metropolích to znamenalo zlepšení kvality ovzduší a tím pádem lidé nemuseli dýchat unklou mastnou směs a spálený benzín. U těchto vozů spočívá výhoda tříválcového motoru v jeho velikosti a hmotnosti. Čtyřdobý dvouválcový motor by pro použití v automobilu tohoto typu byl příliš slabý a čtyřválcový motor zase příliš velký. V 21. století se začaly razantně zvyšovat nároky na automobily z hlediska zátěže na životní prostředí. To znamená snižování spotřeby paliva a také snižování podílu škodlivých látek ve výfukových plynech. Tyto nároky splňují tříválcové motory snáze než čtyřválcové motory. Níže jsou popsány vlivy, které tříválcce oproti čtyřválcům zvýhodňují.

### 2.1 VLIV TŘENÍ

Pokud budeme uvažovat dva motory, jeden tříválcový a druhý čtyřválcový, které budou mít stejný zdvihový objem, budou spalovat stejné palivo a budou mít stejný výkon, pak třecí ztráty budou nižší u tříválcového motoru [11]. Obvod třecích ploch (součet obvodů pístních kroužků) u čtyřválcového motoru bude totiž větší než u tříválcce. Také je u tříválcce méně spojení s klikovým hřídelem. To dává tříválcce výhody z mechanického hlediska a vlivem menšího tření bude spotřebováno méně paliva [13].

#### 2.1.1 VÝPOČET TŘECÍCH PLOCH

Pokud řez pístem a válcem mají kruhový tvar, pak platí:

$$o = 2\pi r_k, \quad (12)$$

kde  $o$  je obvod kruhového řezu válcem,  $r_k$  je poloměr kruhového řezu válcem a

$$s = \pi r_k^2 = \frac{\pi d_k^2}{4}, \quad (13)$$

kde  $s$  je obsah kruhového řezu válcem a  $d_k$  je průměr kruhového řezu válcem.

**ČTYŘVÁLCOVÝ MOTOR**

Pro jednoduchost mějme kruhový řez o poloměru 1 j, kde j je obecná jednotka. Pak je plocha řezu jednoho pístu s využitím rovnice (13) rovna:

$$s = \pi \cdot 1^2 = \pi \text{ j}^2.$$

Pro všechny čtyři písty je celková plocha čtyřnásobná ( $= o_{4\text{celkový}}$ ).

Kontaktní plocha mezi pístem a válcem může být pomocí rovnice (12) vyjádřena obvodem pístu:

$$o = 2 \cdot \pi \cdot 1^2 = 2\pi \text{ j}.$$

I v tomto případě je celkový obvod čtyřnásobný.

**TŘÍVÁLCOVÝ MOTOR**

Při uvažování stejného zdvihového objemu a stejného výkonu je jedinou proměnnou poloměr pístu. Celková plocha kruhových řezů musí být stejná jako u čtyřválcového motoru. Pro stejný výkon je nový poloměr pístu vypočítán takto:

$$4\pi r_{\text{čtyřválec}}^2 = 3\pi r_{\text{tříválec}}^2 \Rightarrow 4 \cdot 1^2 = 3 \cdot r_{\text{tříválec}}^2 \Rightarrow r_{\text{tříválec}}^2 = \frac{4}{3} \Rightarrow r_{\text{tříválec}} = \sqrt{\frac{4}{3}} \text{ j}. \quad (14)$$

Celkový obvod všech tří pístů:

$$o_{3\text{celkový}} = 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{tříválec}} \Rightarrow 6 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{4}{3}} \doteq 21,074 \text{ j}. \quad (15)$$

Poměr velikosti kontaktní plochy mezi pístem a válcem ve čtyřválcovém a tříválcovém motoru:

$$P = \frac{o_{4\text{celkový}}}{o_{3\text{celkový}}} = \frac{8\pi}{21,074} = 1,193. \quad (16)$$

Z tohoto poměru vyplývá, že čtyřválcový motor má o 19 % větší kontaktní plochu mezi pístem a válcem, tudíž v něm bude větší tření, ze kterého bude vyplývat vyšší energetická náročnost na jeden zdvih, což bude znamenat vyšší spotřebu paliva.

## 2.2 VLIV PLOCHY KOMPRESNÍHO PROSTORU

Tepelné ztráty mají vliv na účinnost spalování. Největší podíl za ztrátách má přestup tepla do stěn kompresního prostoru, respektive veličina zvaná tepelný tok [16]:

$$\dot{Q} = -\lambda_q S \frac{dT}{dx}, \quad (17)$$

kde  $\lambda_q$  je tepelná vodivost,  $S$  je obecná plocha a  $\frac{dT}{dx}$  je teplotní gradient.

Vidíme, že tepelný tok je přímo úměrný ploše kompresního prostoru. Z toho vyplývá, že pro co největší zamezení tepelných ztrát a největší omezení množství nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech by plocha spalovacího prostoru měla být nejmenší možná [14]. Při stejném zdvihovém objemu, stejném poměru vrtání ke zdvihu a stejném kompresním poměru by měl mít tříválcový motor v porovnání se čtyřválcovým motorem menší plochu kompresního prostoru.

### 2.2.1 VÝPOČET PLOCH KOMPRESNÍCH PROSTORŮ

Plocha kompresního prostoru se vypočítá [15]:

$$S_{kp} = S_h + S_{píst}, \quad (18)$$

kde  $S_{kp}$  je plocha kompresního prostoru,  $S_h$  je plocha hlavy a  $S_p$  je plocha dna pístu.

Plochu dna pístu můžeme vypočítat jako obsah kruhu:

$$S_{píst} = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (19)$$

kde  $d$  je průměr pístu.

Plochu hlavy můžeme vypočítat jako plášť polokoule:

$$S_h = \frac{\pi d^2}{2}, \quad (20)$$

Vztah pro kompresní poměr [16]:

$$\varepsilon = \frac{V_z + V_k}{V_k}, \quad (21)$$

kde  $\varepsilon$  je kompresní poměr,  $V_z$  je zdvihový objem,  $V_k$  je kompresní objem.

Ze vztahu pro kompresní poměr si vyjádříme kompresní objem:

$$V_k = \frac{V_z}{\varepsilon - 1}, \quad (22)$$

Válec tříválcového motoru bude mít větší zdvihový objem než válec čtyřválcového motoru v poměru 4:3. Po dosazení do vztahu (22) a následném porovnání zjistíme, že podobná úměra platí i pro kompresní objem. Indexy 1 jsou pro tříválcový motor, indexy 2 pro čtyřválcový motor:

$$\frac{V_{z_1}}{\varepsilon - 1} = \frac{4V_{z_2}}{3(\varepsilon - 1)} \Rightarrow V_{z_1} = \frac{4}{3}V_{z_2} \Rightarrow V_{k_1} = \frac{4}{3}V_{k_2}. \quad (23)$$

Pro usnadnění výpočtu budeme uvažovat hemisférický spalovací prostor. Objem  $V_{k_1}$  bude mít velikost  $\frac{4}{3}$  j, objem  $V_{k_2}$  bude mít velikost 1 j. Objem polokoule se vypočítá:

$$V_k = \frac{1}{12}\pi d^3, \quad (24)$$

$$V_{k_1} = \frac{1}{12}\pi d_1^3 \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{1}{12}\pi d_1^3 \Rightarrow 16 = \pi d_1^3 \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{16}{\pi}} = d_1, \quad (24a)$$

$$V_{k_2} = \frac{1}{12}\pi d_2^3 \Rightarrow 1 = \frac{1}{12}\pi d_2^3 \Rightarrow 12 = \pi d_2^3 \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}} = d_2. \quad (24b)$$

Nyní můžeme s využitím rovnic (18), (19) a (20) určit plochu kompresního prostoru:

$$S_{kp_1} = S_{h_1} + S_{píst_1} = \frac{\pi d_1^2}{2} + \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3\pi d_1^2}{4}, \quad (18a)$$

$$S_{kp_2} = S_{h_2} + S_{píst_2} = \frac{\pi d_2^2}{2} + \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3\pi d_2^2}{4}. \quad (18b)$$

Plochu kompresního prostoru celého motoru pak vypočítáme vynásobením jednotlivých ploch příslušným počtem válců:

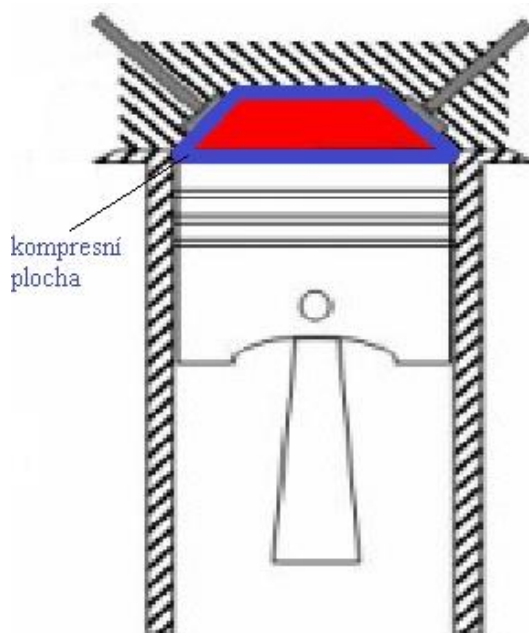
$$S_{kp1celk} = \frac{3\pi d_1^2}{4} \cdot 3 = \frac{9\pi d_1^2}{4} = \frac{9\pi \left(\frac{16}{\pi}\right)^{\frac{2}{3}}}{4}, \quad (25)$$

$$S_{kp2celk} = \frac{3\pi d_2^2}{4} \cdot 4 = 3\pi d_2^2 = 3\pi \left(\frac{12}{\pi}\right)^{\frac{2}{3}}. \quad (26)$$

Nyní dáme obě plochy do poměru:

$$\frac{S_{kp2celk}}{S_{kp1celk}} = \frac{3\pi \left(\frac{12}{\pi}\right)^{\frac{2}{3}}}{\frac{9\pi \left(\frac{16}{\pi}\right)^{\frac{2}{3}}}{4}} \doteq 1,10064.$$

Čtyřválcový motor má tedy přibližně o 10 % větší kompresní plochy než tříválcový motor.



Obr. 10 Kompresní plocha [17].

## 2.3 VLIV HMOTNOSTI A VELIKOSTI

Z důvodu přítomnosti menšího počtu válců je spotřebováno na výrobu motoru méně materiálu. Důsledkem toho budou nižší náklady na produkci, nižší hmotnost a menší velikost. Nižší hmotnost může mít vliv na snížení spotřeby paliva a na menší zátěž na přední nápravu. Menší velikost motoru umožňuje výrobcům navrhovat automobily s větším vnitřním prostorem. Uvolněné místo v motorovém prostoru může také sloužit pro prvky pasivní bezpečnosti nebo pro umístění akumulátoru u hybridních automobilů [1].



*Obr. 11 Čtyřválcový motor Ford 1.4 Duratec [18].*



*Obr. 12 Tříválcový motor Ford 1.0 Ecoboost [19].*



## 2.4 VLIV ZÁTĚŽE NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Vliv motoru na životní prostředí se posuzuje ze dvou hlavních hledisek. Prvním je emisní norma, druhým je množství vypuštěného oxidu uhličitého. V Evropské unii se jedná o normu EURO. Tato norma stanovuje limity oxidu uhelnatého, oxidů dusíku, uhlovodíků a množství pevných částic vypuštěných do ovzduší. Množství vypuštěného oxidu uhličitého se zjišťuje vynásobením normované spotřeby paliva koeficientem 23,69 u zážehového motoru nebo 26,58 u vznětového motoru [20]. Na rok 2015 byl tento limit stanoven na 130 gramů na ujetý kilometr (což znamená spotřebu paliva 5,6 litrů na 100 kilometrů u zážehových motorů a 4,9 litrů na 100 kilometrů u vznětových motorů) a do roku 2021 má tento limit dosáhnout 95 gramů na ujetý kilometr [21].

Tím se dostáváme k hlavnímu důvodu využívání tríválcových motorů (dnes většinou přeplňovaných). Jak bylo vysvětleno výše, u nich snáze dosáhneme nižší normované spotřeby paliva, tudíž v daném homologačním cyklu budou dosahovat nižších hodnot vypuštěného CO<sub>2</sub>.

### 3 POČÁTKY TRÍVÁLCOVÉ KONCEPCE

Na začátku 20. století byl automobilový trh zahlcen vozy mnoha různých značek. Hlavními producenty bylo především Spojené království a Spojené státy americké. Mezi lety 1861 a 1930 bylo ve Spojených státech na 180 výrobců a ve Spojeném království více než 450 výrobců [25], [26]. Někteří výrobci se v první polovině první dekády 20. století pokusili jít cestou tříválcové koncepce. Potřeby trhu však tříválcové nedokázaly uspokojit na dlouho a již v roce 1910 budeme vůz s tříválcovým motorem hledat v nabídkách automobilek jen stěží. Příčin, proč tomu tak bylo, najdeme mnoho. V tehdejší době se výkon motoru získával zvětšením zdvihového objemu nebo počtu válců, účinnost motoru byla většinou velmi nízká. Proto byly tříválcové motory velmi slabé. Dalším problémem bylo, že se tříválec nehodil do výrobní koncepce. V mnoha automobilech byl základem blok dvouválcového motoru, jehož skládáním pak vznikly čtyřválcové nebo šestiválcové motory. Také vyvažování klikového mechanismu bylo složité, protože neexistovaly tak přesné přístroje, jaké máme dnes. Nicméně pro některé automobilky byly modely s tříválcem velmi důležité pro další existenci.

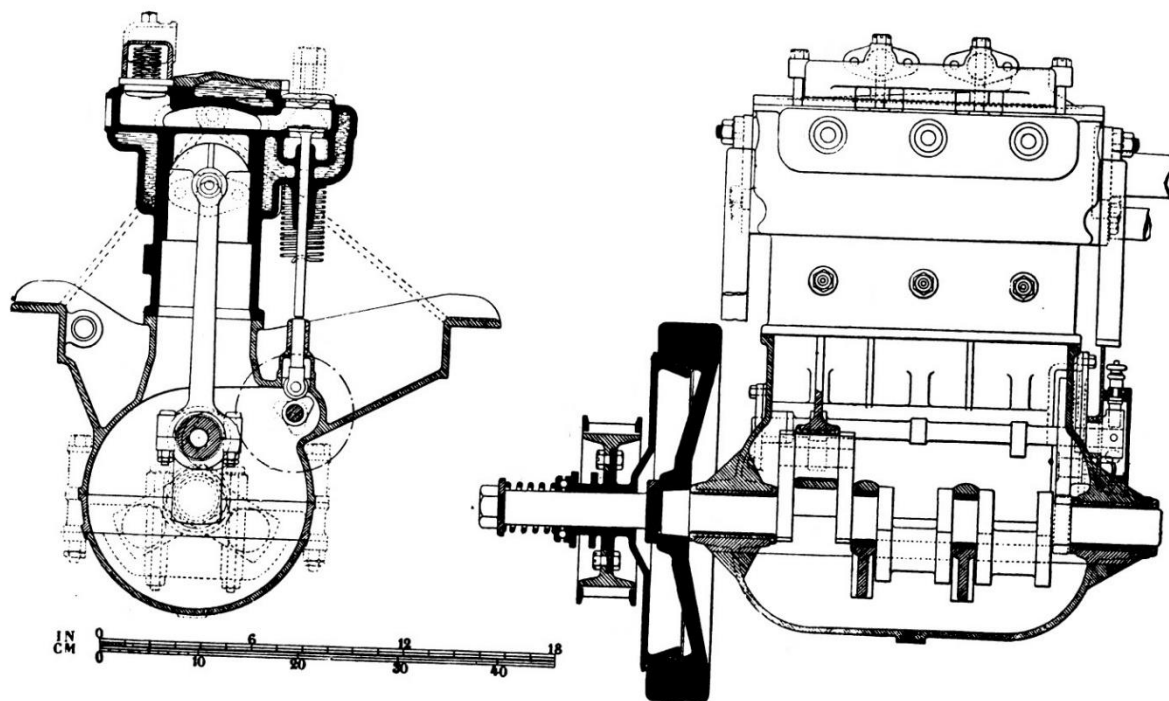
#### 3.1 BROOKE 14 HP

Jedním z prvních vozů s tříválcovým motorem byl britský Brooke. V roce 1902 byla nejdříve uvedena verze o výkonu 10 koní, mezi lety 1903 a 1904 pak vylepšená verze se 14 koňskými silami. Jednalo se o příčně uložený motor o zdvihovém objemu 2398 cm<sup>3</sup> při vrtání 92 mm a zdvihu 111 mm. Pořadí zapalování měl tento agregát 1-2-3. Litinový blok motoru byl spojený s hliníkovou klikovou skříní. Kliková skříň byla složena horizontálně ze tří částí. To umožňovalo snadný přístup a demontáž částí motoru. Oproti dvouválcovému motoru podával tříválec točivý moment mnohem rovnoměrněji – jde o podobný princip jako v kapitole 1.2. Dvouválcový motor stejného zdvihového objemu má ještě větší rozdíly mezi střední hodnotou a maximální i minimální hodnotou okamžitého točivého momentu než tříválcový motor. Byla tu použita třístupňová převodovka. Zákazník si mohl vybrat, jak chtěl svůj vůz zpřevodovat [22].

Tab. 2 Zpřevodování vozu Brooke 14 HP [22].

Počet zubů pastorku	Rychlost na 1. stupeň	Rychlost na 2.stupeň	Rychlost na 3.stupeň	Maximální rychlost
[-]	[mph]	[mph]	[mph]	[mph]
12	10	20	30	40
10	9	16	26	35
9	8	14	22	26

V tehdejší době měly motory problémy s chlazením. V osmdesáti procentech případů byla příčinou vadné vodní čerpadlo. Kvůli tomu motor využíval termosifonové kapalinové chlazení. Chladič byl navržen pro práci s přirozenou cirkulací, takže se obešel bez vodní pumpy. Motor disponoval speciálním typem karburátoru. Spojoval regulátor bohatosti směsi a karburátor do jedné funkční jednotky. Verze z roku 1902 měla regulátor a karburátor odděleně, spojeny přes přírubu, ve verzi o výkonu 14 koní plnila obě funkce jedna součást. Tento motor byl velice spolehlivý. Vůz poháněný tímto agregátem se roku 1903 účastnil závodu Reliability Trials na 1000 mil. Závod dojel bez větších poruch a s nejnižší spotřebou paliva [22].



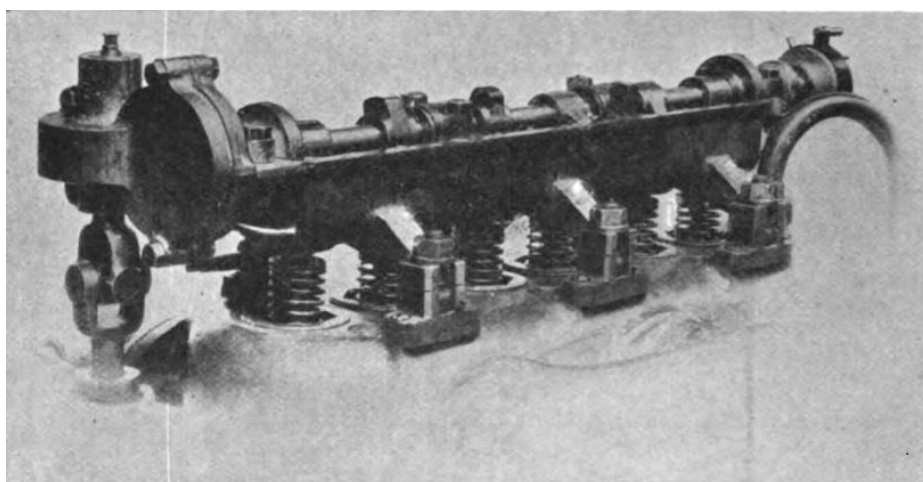
Obr. 13 Tríválcový motor Brooke 14 HP [22].

### 3.2 ARGYLL 12/14 HP

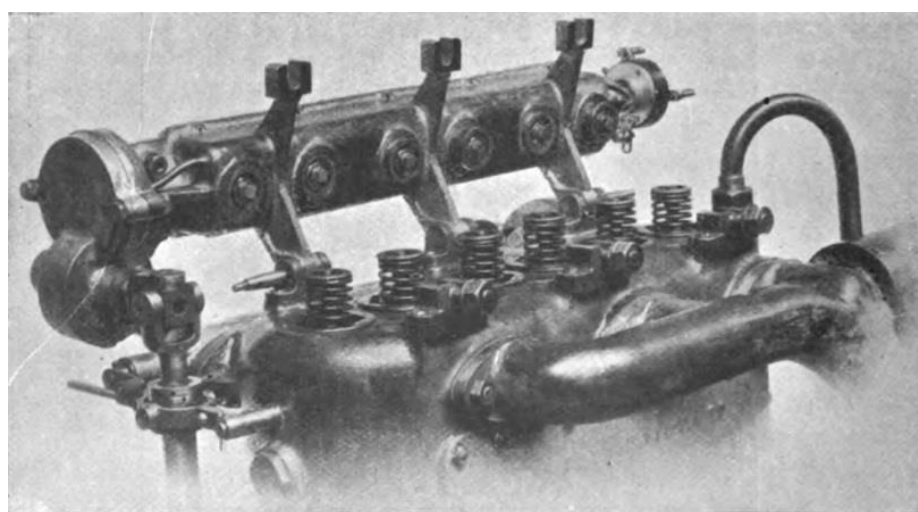
Automobilka Argyll byla nejznámější skotskou automobilkou. V době před první světovou válkou soupeřila o post největší automobilky na světě. Bylo to dáno velkým množstvím modelů, které produkovala. Dokázala vyrábět 20 až 25 vozů týdně, což v době, kdy neexistovala sériová výroba, je úctyhodné číslo. Tríválcových modelů 12/14 HP vyráběla 7 za týden [24]. Agregát disponoval vodou chlazeným motorem o zdvihu 120 mm, vrtání 100 mm a zdvihovém objemu 2827 cm<sup>3</sup> [26]. Argyll si dával záležet na kvalitě použitých materiálů. Blok válců byl odlitý z nejlepší litiny, na klikový hřídel byla použita nejvyšší niklová ocel. Velká pozornost byla věnována chlazení. Problémem tehdejší doby bylo přehřívání motorů a vysoká spotřeba chladicího média. To bylo vyřešeno pomocí oddělených válců, kde každý blok má velké vodní kanály a promyšlený systém propojení vodního potrubí, a především novým typem voštinového chladiče. Ventily byly mechanicky ovládané. Motor byl spojen s třístupňovou převodovkou a vůz dokázal jet na jednotlivé stupně 9, 21 a 42 km/h. Vůz s tímto motorem se roku 1903 také účastnil závodu Reliability Trials, každou etapu dojel bez zastávky a celý závod bez nutnosti doplňování vody do chlazení [27].

### 3.3 MAUDSLAY 20 HP

Tato automobilka z Coventry měla ve výrobě dva tříválce. Jeden z roku 1902 o výkonu 18 koní, druhý z roku 1904 o výkonu 20 koní (některé zdroje uvádějí 25 koní). Silnější verze měla zdvih a vrtání 127 mm a zdvihový objem 4828 cm<sup>3</sup>. Tento motor byl ve své době výjimečný pro rozvod ventilů OHC. Ventily byly ovládány pomocí zdvihátek uložených v tělese vačkového hřídele. Vačkový hřídel byl poháněn šnekovým soukolím. Šnekové kolo je součástí hřídele, jehož horní část byla uložena tak, aby se celý vačkový hřídel dal snadno vychýlit a byl snadný přístup k ventilům. Motor byl vybaven tlakovým mazáním, kdy je použito malé čerpadlo pro rozvod oleje přes klikový hřídel a do hlavních ložisek. Pořadí zážehů bylo 1-3-2. Oproti jiným vozům s tříválcovým motorem šlo o inovativní řešení. Maudslay 20HP byl jedním z prvních motorů s tímto pořadím zapalování [22].



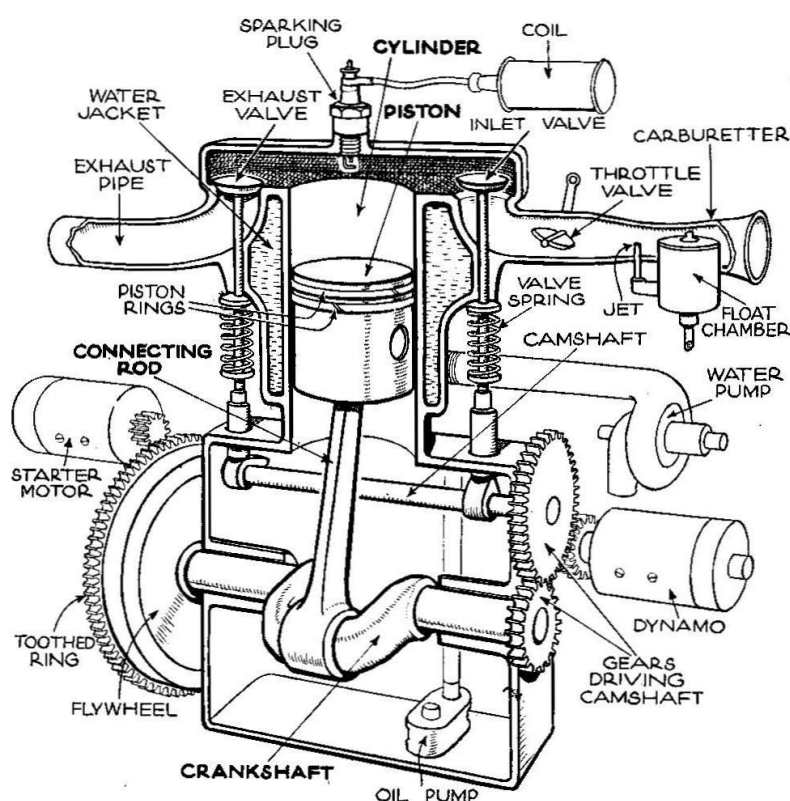
*Obr. 14 Vačkový hřídel motoru Maudslay v pracovní pozici [22].*



*Obr. 15 Vychýlený vačkový hřídel motoru Maudslay [22].*

### 3.4 VAUXHALL 12/14 HP

Vauxhall je jedinou automobilkou, která vyráběla vozy s tříválcovým motorem na počátku 20. století a vyrábí je i dnes (pod značkou Vauxhall se prodávají vozy Opel na britském trhu). V roce 1905 měl v nabídce dva tříválcové modely 7/9 HP a 12/14 HP. Model 7/9 HP byl téměř mechanicky totožný s modelem 12/14 HP, jen měl menší zdvihový objem. Model 12/14 HP byl vodou chlazený o zdvihovém objemu  $2445 \text{ cm}^3$  při zdvihu 115 mm a vrtání 95 mm. Základní myšlenkou bylo chytře spojit 3 bloky z jednoválcového modelu 5/6 HP. Z toho důvodu je každý válec odlitý zvlášť, vodní kanály tedy nebyly mezi válci nijak propojeny. Byla použita T-hlava válců s ventily na protějších stranách [30].

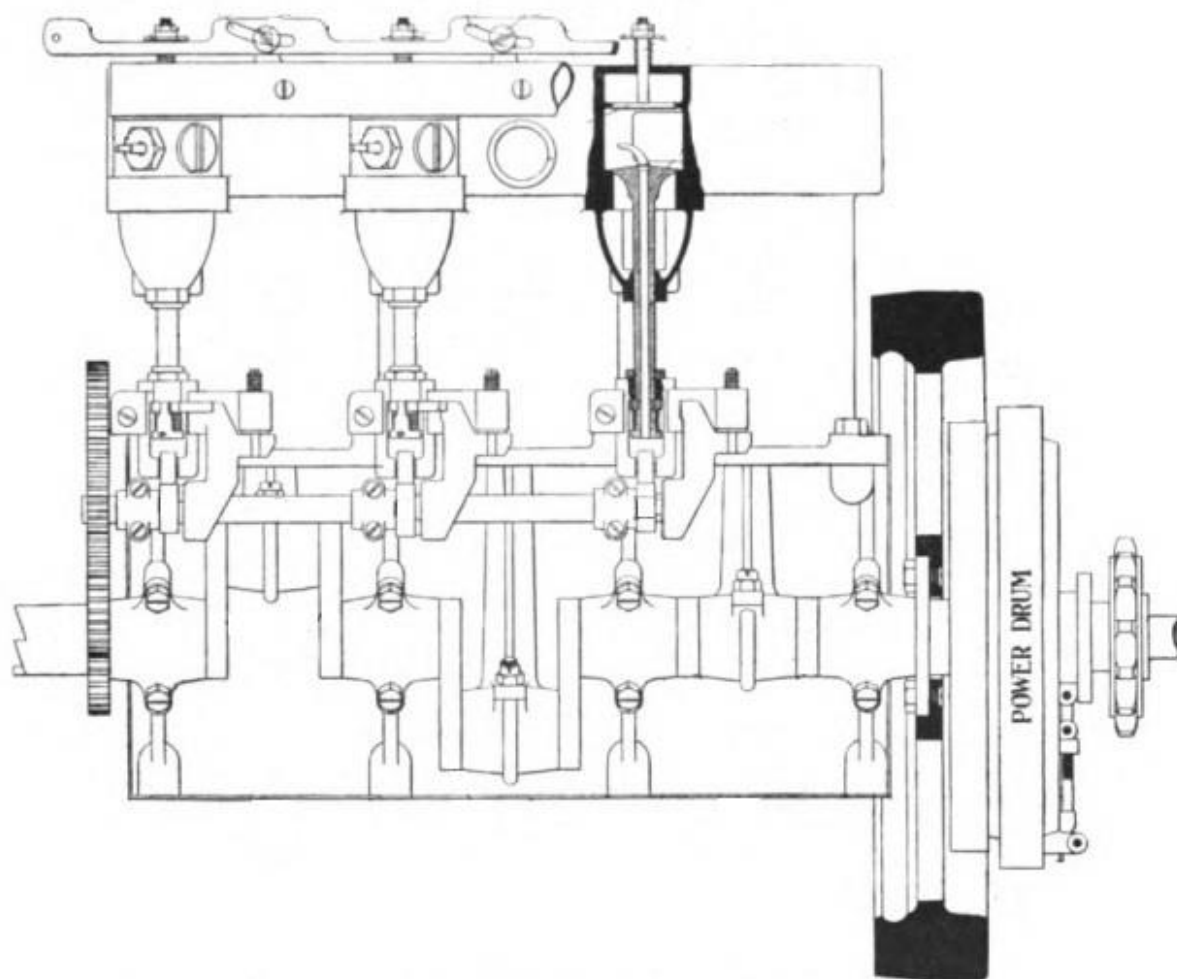


Obr. 16 T-hlava jednoválcového motoru [29].

Motor měl hliníkovou klikovou skříň, ve které se nacházel klikový hřídel se čtyřmi hlavními ložisky. Na bocích klikové skříně byly velké odnímatelné desky pro snadný přístup k částem motoru. Váčkový hřídel se nacházel také v klikové skříni a byl řízený přes ozubení na klikovém hřídeli. Motor byl spojen s třístupňovou převodovkou. Podobně jako u Brooku si zákazník mohl vybrat, jak chce vůz zpřevodovat. V prvních měsících výroby měl motor problémy s přehříváním. To bylo částečně vyřešeno větším chladičem a výkonnější vodní pumpou. Aby se tento problém ještě více potlačil, byla zavedena šestistupňová převodovka s dvěma řadicími pákami, aby motor běžel v co nejnižších otáčkách. Těchto exemplářů bylo vyrobeno jen velmi málo, nicméně lze tvrdit, že Vauxhall 12/14 HP byl prvním vozem se šestistupňovou převodovkou [30].

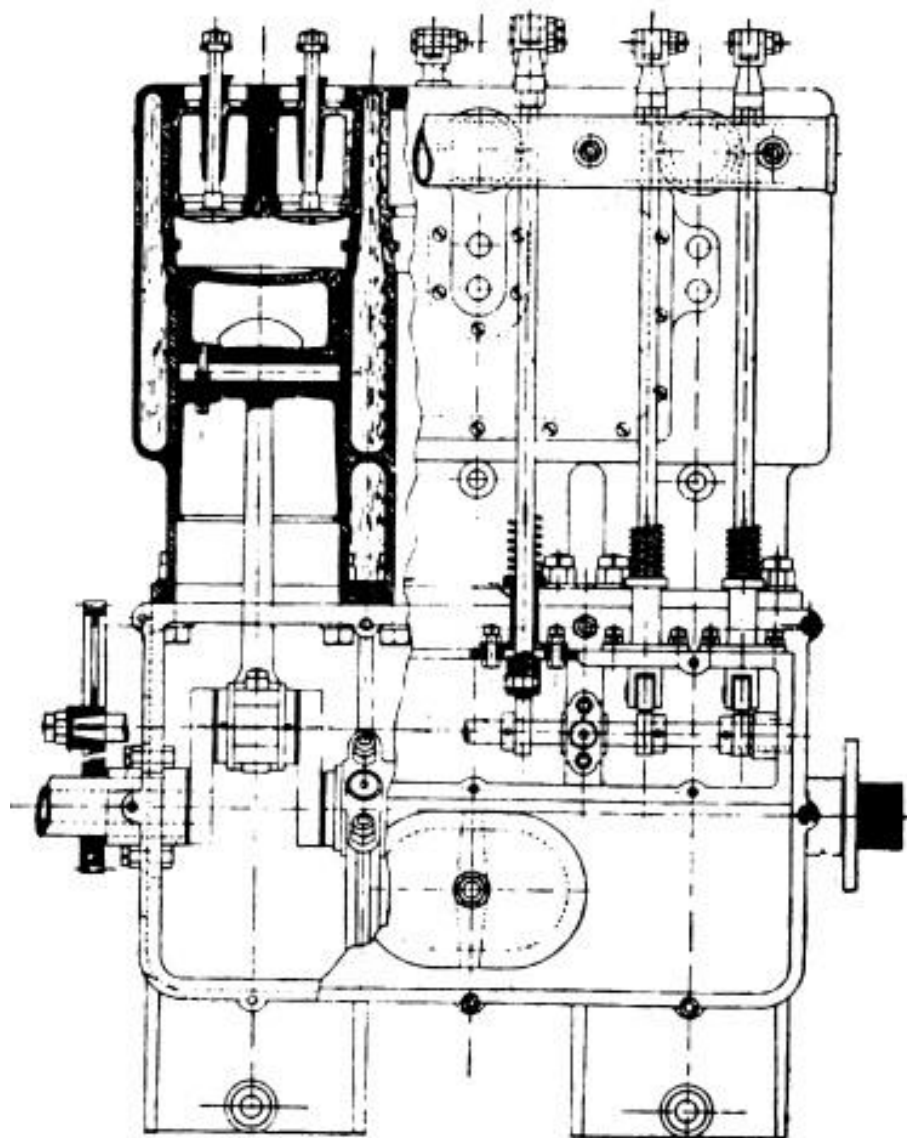
### 3.5 DURYEA 10 HP

Duryea byla první americká automobilka, která vyrobila vůz se spalovacím motorem. První automobil této značky byl vyroben roku 1893. Počátkem 20. století vyrobila několik vozů s tříválcovým motorem. Verze s 10 koňskými silami o zdvihu a vrtání 114 mm a zdvihovém objemu 3490 cm<sup>3</sup> měla všechny tři válce odlité v jednom bloku. Vodní kanál se nacházel v horní části motoru v oblasti spalovacího prostoru. Tato část je totiž vystavována největšímu tepelnému zatížení. Průměry hlavních a ojnicích čepů klikového hřídele byly velké. Z toho důvodu byl klikový hřídel odlehčený provrtáním čepů. Motor nedisponoval škrticí klapkou, průtok paliva byl řízen regulací zdvihu automatických sacích ventilů, kterou zajišťovala posuvná lišta viditelná v horní části *Obrázku 17* [22].



*Obr. 17 Motor Duryea 10 HP [22].*

V roce 1906 byla výroba přesunuta do Anglie a tento motor byl upraven. Zůstal stejný zdvihový objem, ale výkon vyrostl na 12 koňských sil při 600 otáčkách za minutu. Řešení ventilů u americké verze bylo problémové, proto byly ventily nově mechanicky ovládané a vyměnitelné. Vodní kanál byl rozšířen. Pozice ventilů si ale vynutila umístit vodní kanál okolo hlavy válců, což vedlo k menší efektivitě chlazení. Kliková skříň byla hliníková a byla upravena k snadnému přístupu k vačkovému hřídeli. Klikový hřídel byl také dutý, ale jeho váha už nebyla tolik redukována jako u americké verze [22].

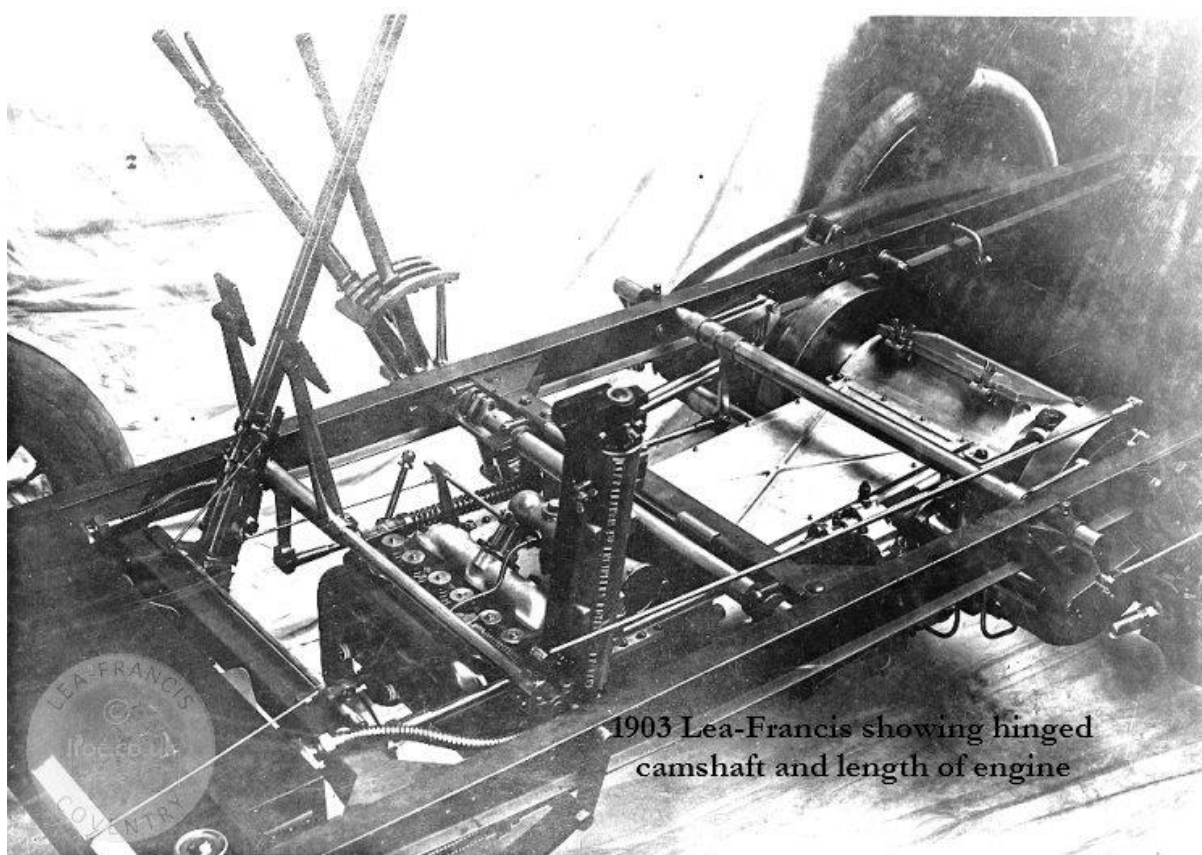


*Obr. 18 Motor Duryea 12 HP [22].*

### 3.6 OSTATNÍ TRÍVÁLCOVÉ MOTORY Z POČÁTKU 20. STOLETÍ

#### 3.6.1 LEA-FRANCIS 15 HP

Lea-Francis byla společnost, která vyráběla jízdní kola a motocykly. Roku 1903 se pokusila vstoupit na automobilový trh s vozem, který měl tříválcový motor. Tento motor měl zdvih 152 mm, vrtání 101 mm, zdvihový objem 3680 cm<sup>3</sup> a výkon 15 koní. Tento motor sdílel spoustu dílů s tříválcem Maudslay, včetně sklopného vačkového hřídele. Motor byl podélně uložený pod podlahou vozu. Aby se vyhnulo potřebě dlouhého hnacího řetězu, byl klikový hřídel umístěn co nejblíže zadním kolům. Z toho důvodu bylo potřeba ojníc, u kterých byla vzdálenost mezi středy hlavy a oka 840 milimetrů. Tím bylo sníženo vychýlení ojnice od osy válce a z toho vyplývající velikost normálové síly, kterou působí píst na vnitřní plášť válce. Na každé straně klikového hřídele byly umístěny velké setrvačníky. Bohužel, kvůli vysoké ceně se vyrobily pouze 3 kusy a žádný se dodnes nedochoval [31], [32].



1903 Lea-Francis showing hinged camshaft and length of engine

Obr. 19 Motor tříválcového vozu Lea-Francis [32].

#### 3.6.2 SINGER 10 HP

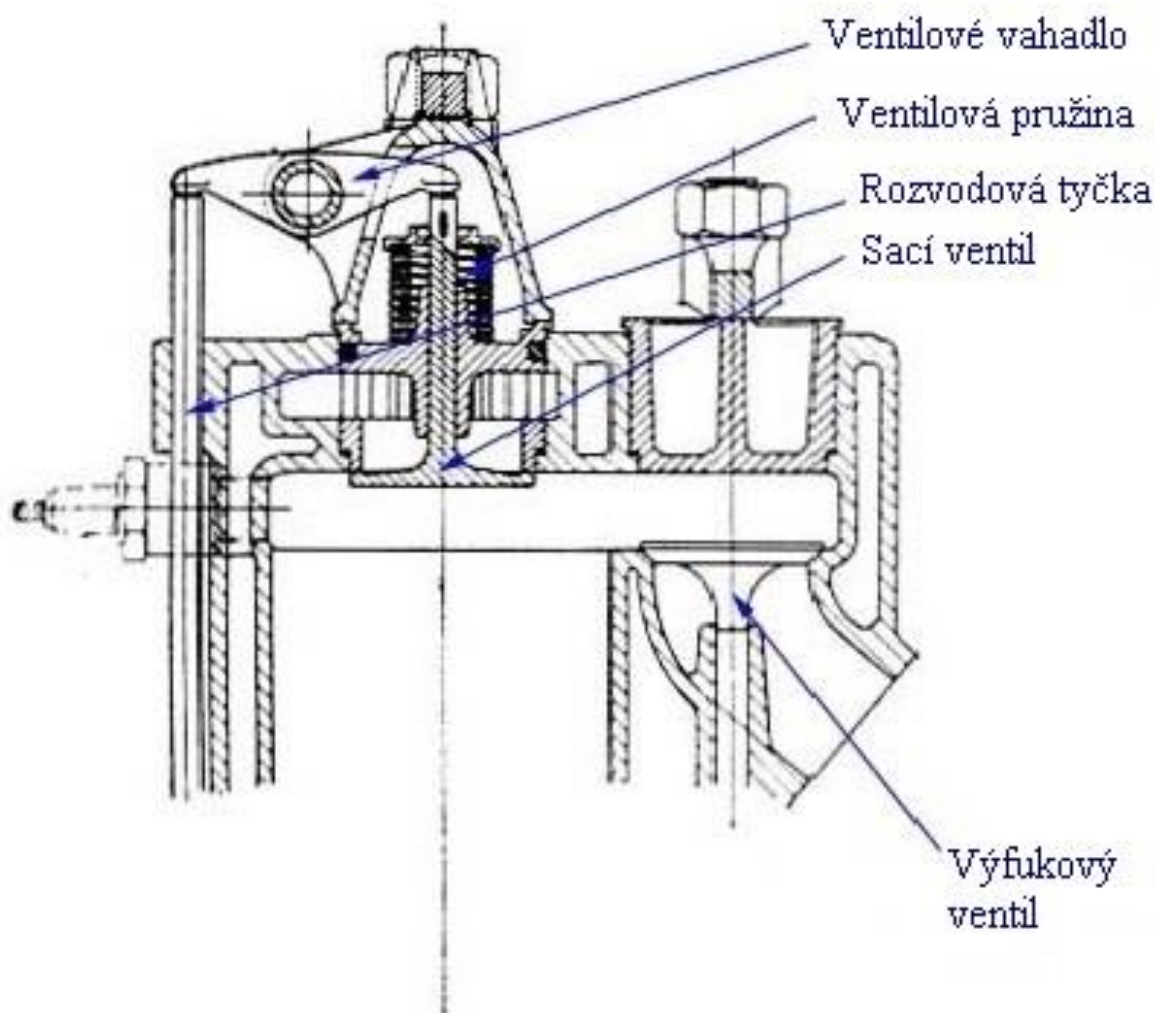
Po neúspěchu tříválcových vozů Lea-Francis koupil roku 1906 licenci na výrobu těchto motorů Singer. Produkce ovšem netrvala dlouho, protože další rok uvedl Singer novou skupinu motorů o dvou, třech a čtyřech válcích. Základní jednotkou byl jednoválcový blok s T-hlavou, podobně jako u Vauxhallu. Motor měl zdvih 90 mm, vrtání 80 mm a zdvihový objem 1358 cm<sup>3</sup>.



Tříválec měl výkon 10,5 koní. Zajímavý byl systém mazání. Byla tu ruční pumpa, pomocí které olej dostával do klikové skříně, a třípolohový kohout, který umožňoval přebytečný olej z klikové skříně vracet zpět do olejové vany. Motor byl spojený s třístupňovou převodovkou [33].

### 3.6.3 ROLLS-ROYCE 15 HP

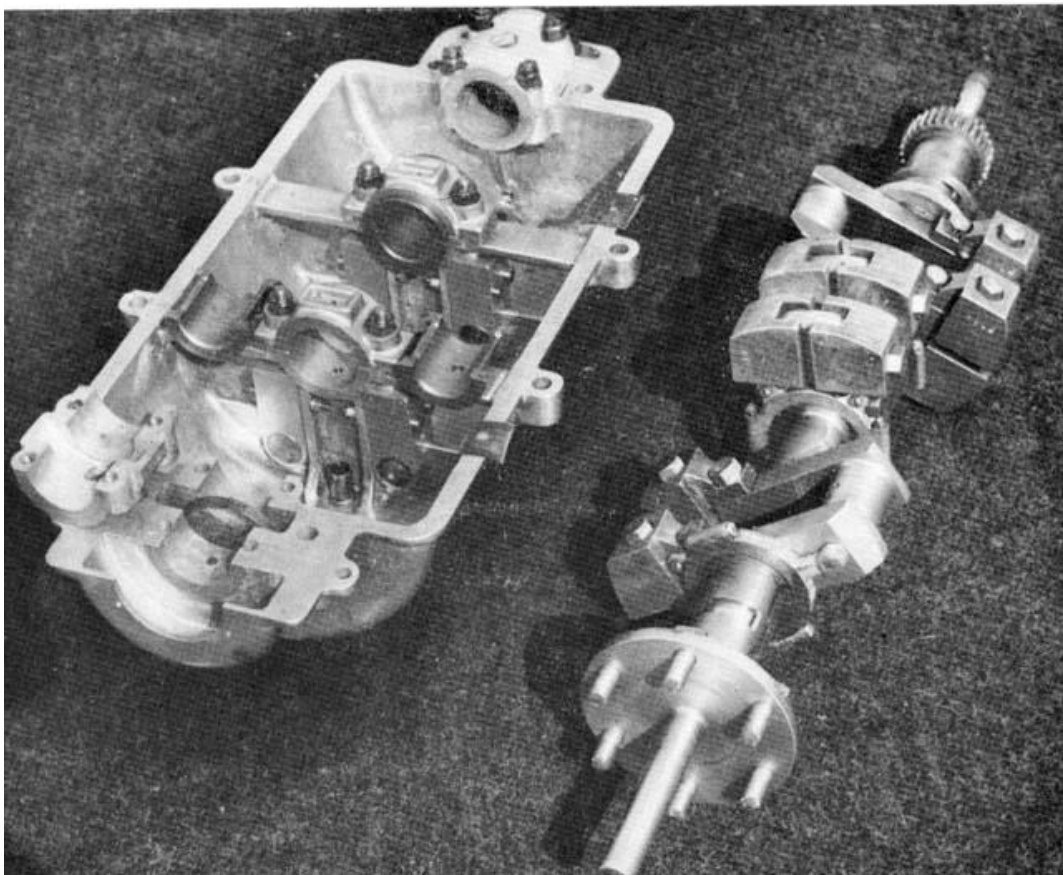
Roku 1905 byl uveden na trh druhý vůz této slavné značky. Měl vodou chlazený tříválcový motor o výkonu 15 koní a využíval třístupňovou převodovku [34]. Motor měl tzv. F-hlavu. To je kombinace rozvodu SV a OHV, kdy je sací ventil v hlavě motoru a výfukový ventil je v bloku motoru. Váčkový hřídel je také v bloku motoru. Jedna váčka ovládala výfukový ventil a druhá přes rozvodovou tyčku a vahadlo sací ventil [35].



Obr. 20 Ventilový rozvod v F-hlavě [35]

Klikový hřídel byl osazen protizávažími, což bylo v té době neobvyklé vzhledem k tomu, že motory pracovaly ve velmi nízkých otáčkách a eliminace vibrací nebyla prioritou při konstrukci tříválcového motoru. Tento motor kombinoval tři jednoválcové bloky.

To byl jeden z důvodů, proč se modelu s tímto motorem vyrobilo pouze 6 kusů. Ostatní modely (dvouválec 10 HP, čtyřválec 20 HP, šestiválec 30 HP) totiž měly za základ dvouválcový blok [36].



*Obr. 21 Klikový hřídel a kliková skříň motoru Rolls-Royce 15 HP [35].*

#### **3.6.4 BRIXIA-ZÜST 10 HP**

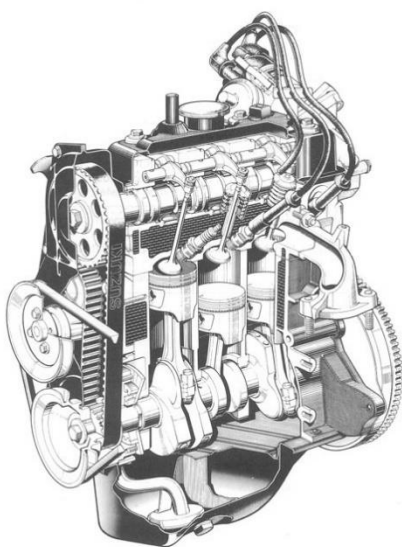
Brixia-Züst byla italská automobilka z Milána. Roku 1909 vyrobila vůz s tříválcovým motorem o výkonu 10 koňských sil. Měl zdvihový objem  $1495 \text{ cm}^3$ , byl spojený s třístupňovou převodovkou a poháněl zadní kola. Hlava motoru byla odlitá vcelku s blokem motoru. Ventily byly ovládány dvěma vačkovými hřídeli. Produkce trvala do roku 1911. Samotná automobilka díky finančním problémům zanikla roku 1917 [37], [38].

## 4 TŘÍVÁLCOVÉ MOTORY V POSLEDNÍ ČTVRTINĚ 20. STOLETÍ

Po první vlně čtyřdobých tříválcových motorů na počátku 20. století byla několik desetiletí dlouhá mezera, po kterou se vozy s tříválcem nevyráběly. Potenciál pro jejich využití vznikl koncem 40. let, kdy ve válkou zničeném Japonsku začala být poptávka po velmi levných vozech. Tak vznikla třída vozů tzv. „kei-car.“ V Japonsku je dokonce zákon, který udává maximální zdvihový objem motoru, maximální výkon nebo maximální rozměry vozu. Zpočátku byl stanoven maximální zdvihový objem na  $150 \text{ cm}^3$  u čtyřdobých motorů a  $100 \text{ cm}^3$  u dvoudobých motorů. Další rok byly tyto limity navýšeny dvojnásobně. Roku 1955 byla tato hranice sjednocena na  $360 \text{ cm}^3$ . Vozy vyráběné pro tento zdvihový objem byly převážně dvoutaktní dvouválce. Roku 1976 bylo stanoveno, že maximální zdvihový objem byl  $550 \text{ cm}^3$ . V této době se začaly objevovat čtyřdobé tříválcové motory nejen v „kei-carech“, ale i v malých vozech. Roku 1990 byl tento zákon novelizován naposledy. Udal zdvihový objem  $660 \text{ cm}^3$  a maximální výkon  $47 \text{ kW}$  [39]. Tyto vozy jsou v Japonsku velmi rozšířené. Kromě nízké ceny a snadné manévrovatelnosti je na ně uvalena nižší daňová zátěž [40]. V průběhu 90. let se tříválcové motory začaly uplatňovat u nově vznikající třídy minivozů.

### 4.1 SUZUKI F5A

Nejznámějším vozem kategorie „kei-car“ je pravděpodobně Suzuki Alto. Na trh byl uveden roku 1979. Pro domácí trh byl poháněn vodou chlazeným tříválcovým motorem F5A o zdvihovém objemu  $543 \text{ cm}^3$  při zdvihu  $60 \text{ mm}$ , vrtání  $62 \text{ mm}$  a výkonu  $19 \text{ kW}$ , spojeným se čtyřstupňovou převodovkou. Blok motoru je litinový. Agregát má ventilový rozvod SOHC s ventily do V. Sací potrubí je ohříváno horkou vodou, aby se usnadnilo odpaření kapalného paliva se vzduchem a aby byla zajištěna rovnoměrná distribuce paliva do jednotlivých válců. Díky tomu je zvýšena účinnost spalování. Motor má čtyřikrát uložený klikový hřídel, který je vyroben z jednoho kusu materiálu kováním. Váčkový hřídel a vahadlové hřídele jsou integrovány v hlavě válců, tím je snížen počet částí ventilového mechanismu a jeho hluk [41].

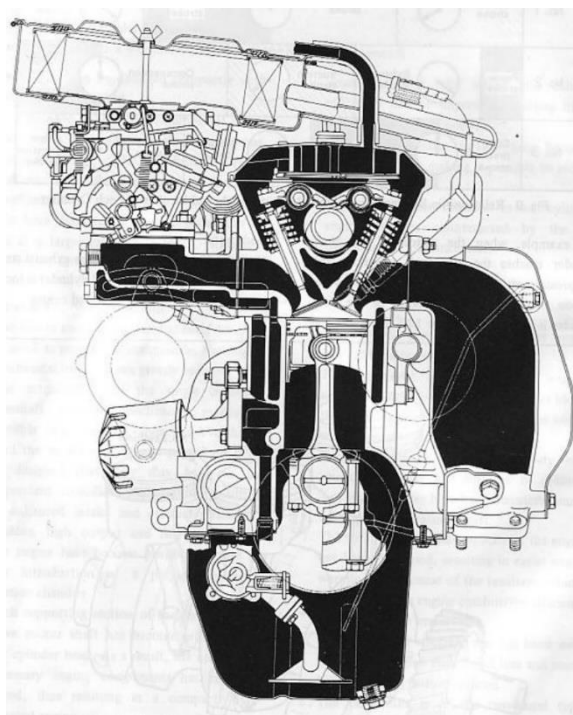


Obr. 22 Motor Suzuki F5A [41].

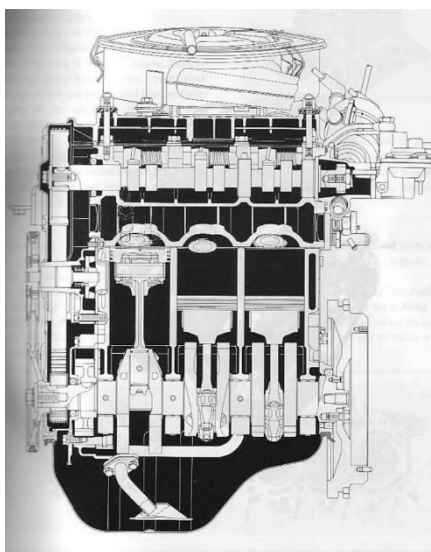
Motor je vybaven systémem odvětrávání klikové skříně. Plyny, které uniknou ze spalovacího prostoru do klikové skříně, jsou přes odlučovač oleje a vzduchový filtr vráceny zpět do sacího potrubí. Uniklé plyny v klikové skříně se skládají z vody, oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého, oxidů dusíku a nespálených uhlovodíků. Tento systém má tedy za cíl snížit zátěž na životní prostředí. Roku 1983 byl Suzuki Alto modernizován a změny se dotkly i motoru. Byl změněn tvar vaček a tím i časování ventilů. U starého modelu se sací ventil otevíral  $12^\circ$  před horní úvratí a zavíral  $48^\circ$  za dolní úvratí. Výfukový ventil se otevíral  $50^\circ$  před dolní úvratí a zavíral  $10^\circ$  za horní úvratí. U modernizovaného motoru se sací ventil otevírá  $5^\circ$  před horní úvratí a zavírá  $35^\circ$  za dolní úvratí. Pro výfukový ventil platí, že se otevírá  $35^\circ$  přes dolní úvratí a zavírá  $5^\circ$  za horní úvratí [41].

## 4.2 DAIHATSU CB20

V roce 1977 uvedla tato automobilka z Ósaky model Charade. Byl poháněn příčně uloženým tříválcovým motorem CB20 o zdvihu 73 mm, vrtání 76 mm a zdvihovém objemu  $993 \text{ cm}^3$ . Výkon měl tento motor 37 kW při  $5500 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment 74 N·m při  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Tato pohonná jednotka má ventilový rozvod SOHC s ventily do V, což napomáhá lepšímu průběhu točivého momentu. Hmotnost celého motoru je 89 kg. Pořadí zapalování je 1-2-3. Motor má litinový blok válců. Při konstrukci tohoto motoru byla snaha o co nejmenší délku bloku motoru při zachování stejné tloušťky stěn a výšky vodních kanálů. Výsledkem bylo zmenšení objemu chladicího média. Tím bylo navíc dosaženo rychlejšího ohřevu motoru na pracovní teplotu [42].

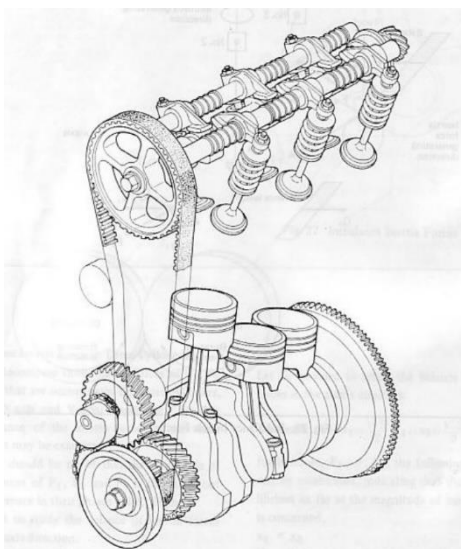


Obr. 23 Boční pohled na motor Daihatsu CB20 [42].



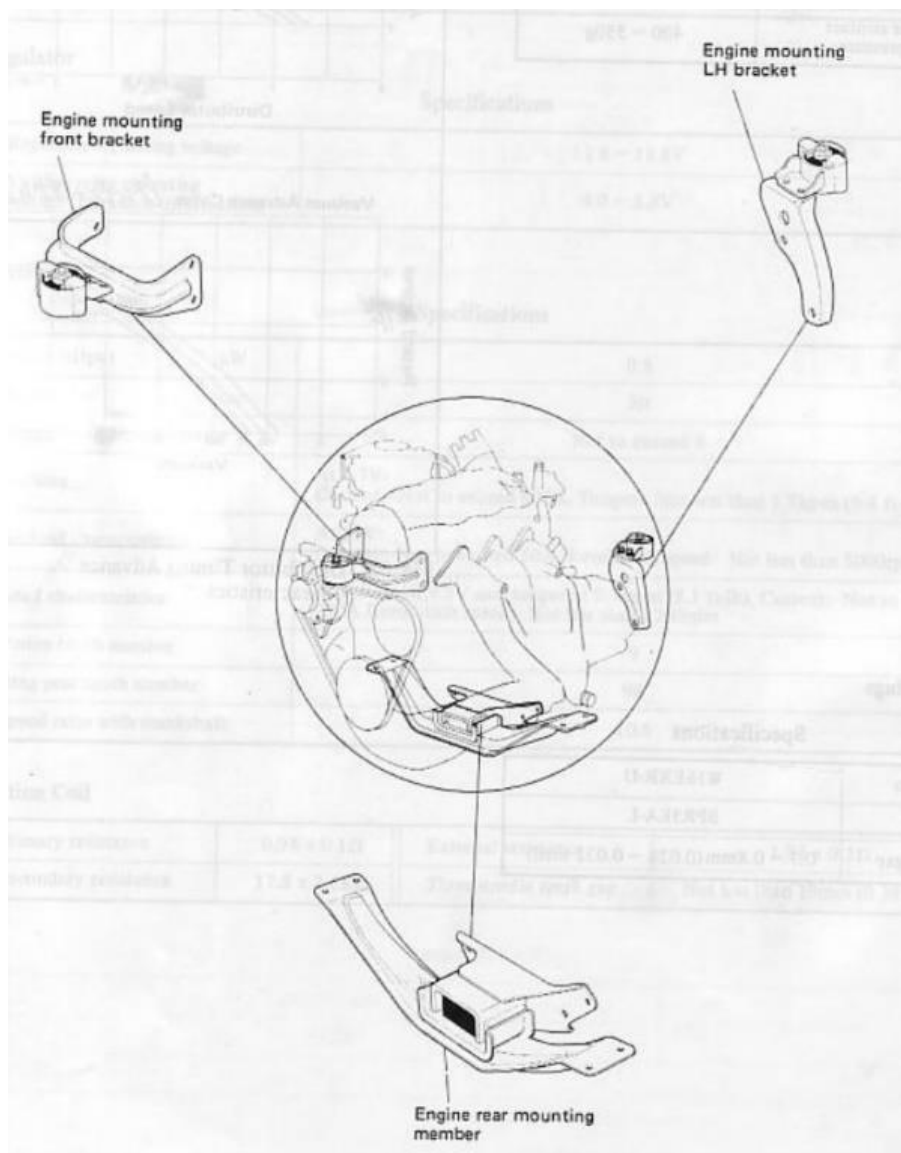
*Obr. 24 Přední pohled na motor  
Daihatsu CB20 [42].*

Hlava válců je vyrobena z hliníkové slitiny, která má dobrou tepelnou vodivost a zároveň je lehká. Spalovací prostor je kulovitý. Podobně jako u Suzuki F5A je uložení vačkového a vahadlového hřídele integrováno v hlavě válců. Litinový klikový hřídel je čtyřikrát uložený. Pro zvýšení trvanlivosti jsou kluzné vrstvy hlavních ložisek z hliníkové slitiny. Protizávaží na klikovém hřídeli vyvažuje polovinu amplitudy 1. řádu momentu setrvačných sil posuvných částí. Klikový hřídel je zároveň přes ozubený převod spojený s vyvažovacím hřídelem, který vyvažuje druhou polovinu 1. řádu momentu setrvačných sil posuvných částí. Tím by mělo být dosaženo celkového úplného vyvážení Motor má písty z hliníkové slitiny a ojnice z vysokopevnostní uhlíkové oceli. Vačkový hřídel je uložen pomocí tří ložisek [42].



*Obr. 25 Pohyblivé části motoru  
Daihatsu CB20 [42].*

Časování ventilů je pro sací ventil nastaveno na otevření  $21^\circ$  před horní úvratí a zavření  $49^\circ$  za dolní úvratí. Výfukový ventil se otevírá  $49^\circ$  před dolní úvratí a zavírá  $21^\circ$  za horní úvratí. Celý rozvodový mechanismus je poháněn pomocí řemene. Sací potrubí je hliníkové a je v něm integrovaná skříň termostatu. Stejně jako u motoru Suzuki F5A jsou ohřívány vodou. I v tomto motoru je systém odvětrávání klikové skříňe. Ke smíšení spalovací směsi slouží dvojité karburátor. Motor je ke karoserii připevněn na přední a spodní části motoru a na zadní části převodovky, aby byla zlepšena odolnost proti vibracím. Téměř celá váha motoru působí na spodní uložení. Boční uložení jsou navržena tak, aby udržela reakční síly od motoru [42].



Obr. 26 Uložení motoru Daihatsu CB20 [42].

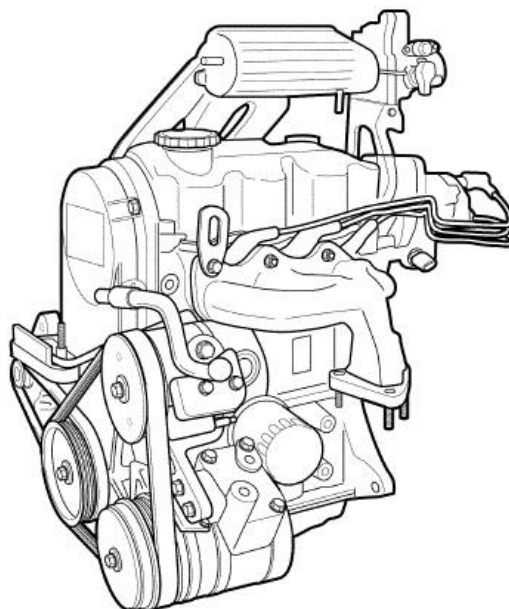
Pro další generace vozu Daihatsu Charade byl tento motor modifikován. Hlavní změny se udály u motoru CB80 z roku 1987. Motor byl přepracován na přeplňovaný, výkon vzrostl na 74 kW při  $6500 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment na  $130 \text{ N}\cdot\text{m}$  při  $3500 \text{ min}^{-1}$ . Tento motor měl rozvod ventilů DOHC a střechovitý spalovací prostor.

Se změnou ventilového rozvodu se změnilo i časování ventilů. Sací ventil se otevíral  $23^\circ$  před horní úvratí a zavíral  $51^\circ$  za dolní úvratí. Výfukový ventil se otevíral  $49^\circ$  za dolní úvratí a zavíral  $17^\circ$  za horní úvratí. Již nebyl používán karburátor, ale elektronicky řízené vícebodové vstřikování paliva [43].

### 4.3 DAEWOO S-TEC 0,8 L

Motor S-TEC poháněl minivozy Tico a Matiz automobilky Daewoo. Model Tico vycházel z vozu Suzuki Alto a sdílel s ním i motor F8C (jenž byl odvozen z motoru F5A). Pro model Matiz byl přepracován [44]. Motor je příčně uložený tříválec o zdvihu 72 mm, vrtání 68,5 mm a zdvihovém objemu  $796 \text{ cm}^3$ . Tento motor má výkon 38 kW při  $6000 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment 69 N·m při  $4600 \text{ min}^{-1}$ . Pořadí zapalování je 1-3-2. U tohoto motoru je použita pětistupňová převodovka [45].

Motor měl litinový blok. Klikový hřídel je uložen pomocí čtyř hlavních ložisek a je vyroben z litiny. Pro dosažení odpovídajících parametrů uložení a souososti otvorů vík ložisek, jsou tyto vyrobeny spolu s blokem motoru. Písty jsou hliníkové a mají tři pístní kroužky. Hlava válců je odlita z hliníkové slitiny. V hlavě motoru je ve čtyřech hlavních ložiscích uložen vačkový hřídel. Každý čep hřídele je mazán motorovým olejem. Díky otvorům v čepech jsou mazány i vačky. Olej pak odtéká otvory v hlavě a v bloku motoru do olejové vany. Ventilová vůle se ještě seřizovala manuálně (V této době již bývaly motory vybaveny hydraulickými zdvihátky ventilů.) [45].



Obr. 27 Motor Daewoo S-TEC [46].

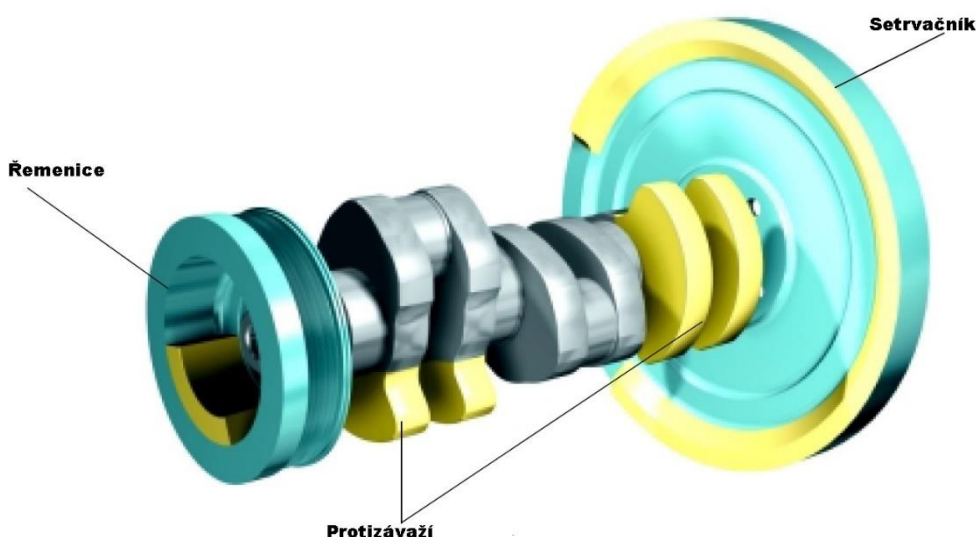
Pro lepší plnění válce byl systém nasávání vzduchu vylepšen. Sací potrubí je vyrobeno z plastických hmot, což napomáhá hladkému proudění nasávaného vzduchu. Motor je vybaven systémem recirkulace zplodin.

Díky tomu může motor nasávat méně směsi do spalovacího prostoru, což znamená lepší spalování a menší zátěž na životní prostředí. Rozvodový řemen je vyroben ze speciální pryže, který napomáhá tlumit vibrace přenášené z motoru na rozvodový mechanismus [45]. Motor využívá vícebodového vstřikování paliva MPI. Motor je uložen na čtyřech místech – přední, pravé, zadní straně a zespodu [46]. Daewoo Matiz byl na přelomu 20. a 21. století velmi oblíbeným vozem po celé Evropě, včetně České Republiky. Roku 1999 se v Česku díky své příznivé ceně stal nejprodávanějším zahraničním vozem [47].

#### 4.4 VOLKSWAGEN 1,2 TDI 3L & 1,4 TDI

Roku 1999 přišel Volkswagen se dvěma vznětovými tříválcovými motory. Oba motory vycházely ze známé čtyřválcové jednotky 1,9 TDI a měly jen několik konstrukčních odlišností. Slabší jednotka měla zdvih 86,7 mm, vrtání 76,5 mm a zdvihový objem 1191 cm<sup>3</sup>. Výkon je 45 kW při 4000 min<sup>-1</sup> a točivý moment 140 N·m při 1800 min<sup>-1</sup> [48].

Hlavní ideou tohoto motoru byla šetrnost k životnímu prostředí a snížení spotřeby paliva pod hranici tří litrů na sto kilometrů. Tomu byl motor konstrukčně přizpůsoben. Měl hliníkový blok motoru pro snížení hmotnosti a ve válcích měl litinové vložky. Vzhledem k velmi vysokým tlakům ve spalovacím prostoru a materiálu bloku motoru byla hlava válců s blokem motoru spojena napínacími šrouby. Hlava válců je také hliníková a je v ní uložen jeden vačkový hřídel pro ovládání ventilů. Klikový a vačkový hřídel jsou spojeny pomocí ozubeného řemene s hydraulickým napínákem. Pro vyvážení momentů setrvačných sil jsou na ramenech kliky prvního a třetího válce protizávaží. Další závaží jsou ještě na setrvačnicku a na řemenici. Motor je dále osazený vyvažovacím hřídelem se dvěma závažími na koncích hřídele. Vyvažovací hřídel je ovládán pomocí řetězu, jenž ovládá také olejové čerpadlo. Z důvodu vysokých tlaků ve spalovacím prostoru jsou oka ojnice lichoběžníkového tvaru – vzniká zde větší kontaktní plocha mezi pístním čepem a ojnicí, která lépe snáší síly od tlaku plynů [48].

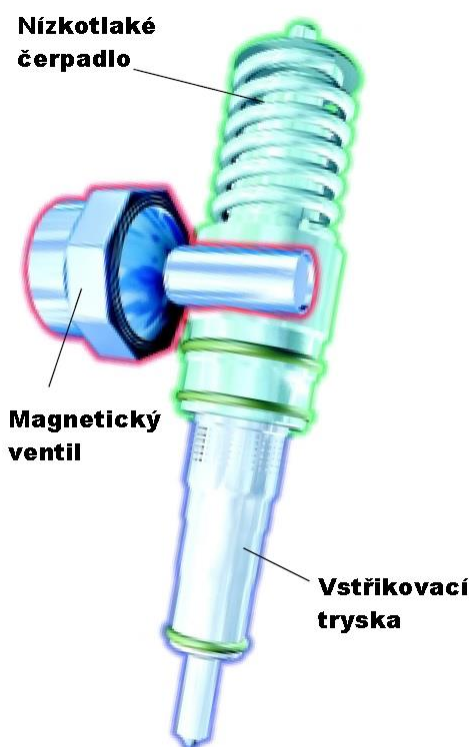


Obr. 28 Vyvažovací hmoty na klikovém hřídeli, řemenici a setrvačnicku [48].



Motor využívá vstřikování paliva čerpadlo – tryska. Tento systém spočívá ve spojení vstřikovací trysky a vstřikovacího čerpadla v jeden celek. Trysky jsou uloženy v hlavě motoru a jsou ovládány přidavnými vačkami na vačkovém hřídeli. Pro každý válec je jedna tryska [49]. Motor patří k nejlehčím vznětovým motorům, které kdy byly vyrobeny do osobního vozu, vážil přibližně 100 kg [50].

Pro snížení spotřeby konstruktéři dále upravili výfukový systém nebo předešli motorový olej, jenž má lepší mazací vlastnosti než jiné oleje. Motor je spojený s pětistupňovou automatickou převodovkou. Navíc byl opatřen režimem ECO, v kterém měl snížený výkon na 33 kW při  $3000 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment na  $120 \text{ N}\cdot\text{m}$  při  $1600 \text{ min}^{-1}$ . V ekonomickém módu je také aktivován systém stop/start. V případě tohoto motoru se aktivuje po sešlápnutí brzdového pedálu na déle než tři sekundy [49]. Vůz Volkswagen Lupo, do kterého se tento motor montoval byl upraven i z hlediska aerodynamiky, odlehčení karoserie a v praxi skutečně udávané spotřeby paliva dosahoval. Bohužel vysoké náklady na vývoj znamenaly i vysokou cenu a vůz se na trhu neprosadil [50].



Obr. 29 Systém čerpadlo – tryska [48].

Silnější jednotka 1,4 TDI měla zdvihový objem  $1422 \text{ cm}^3$  při zdvihu 95,5 mm a vrtání 79,5 mm, výkon 55 kW při  $4000 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment  $195 \text{ N}\cdot\text{m}$  při  $2200 \text{ min}^{-1}$ . Oproti slabší jednotce měla tato litinový blok válců, tudíž nepotřebovala spojovat blok motoru s hlavou válců pomocí napínacích šroubů. Další rozdíl je v umístění olejového chladiče. Slabší varianta jej měla ve velkém chladícím okruhu, silnější v malém. Jinak je řešený i výfukový systém a palivové čerpadlo [50].

## 5 TŘÍVÁLCOVÉ MOTORY V 21. STOLETÍ

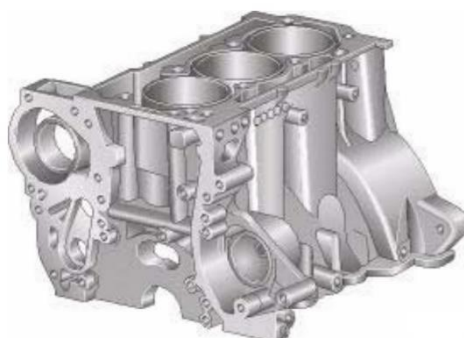
Po přelomu století se atmosférické tříválcové motory objevovaly stále častěji pod kapotami minivozů a malých vozů. Na začátku století byl nejznámějším evropským výrobcem tříválcových vozů koncern Volkswagen se zážehovým motorem 1,2 HTP a vznětovými motory 1,2 TDI 3L a 1,4 TDI. Další evropské tříválcové motory byly Opel 1.0 Twinport nebo Smart 1,0 a 0,8 CDI. Z asijských motorů je nám nejznámější motor 1,0 VVT-i montovaný ve středočeském Kolíně do vozů Toyota Aygo, Citroën C1 a Peugeot 107/108. Litrový tříválec využívala i Honda v modelu Insight, jenž byl spojený s elektromotorem. Vznětový tříválcový motor 1,5 CRDi využíval Hyundai v modelech Matrix a Accent.

Jak bylo nastíněno v předchozí kapitole, vozů s tříválcovým motorem bylo v Asii větší množství než v Evropě. To se ale začalo měnit začátkem této dekády, kdy se evropské emisní limity, a to především limit oxidu uhličitého dostal na takovou úroveň, že výrobci museli najít novou cestu, jak snížit normovanou spotřebu paliva. Tou cestou byl downsizing, tedy snižování zdvihového objemu za pomoci turbodmychadla. Zpočátku byly většinou downsizované motory čtyřválcové. Později díky vlastnostem, které tříválcový motor oproti čtyřválcovému zvyhodňují, se tříválcové začaly více prosazovat.

### 5.1 ŠKODA 1,2 HTP

Motor 1,2 HTP byl uveden roku 2002 do vozu Škoda Fabia, kdy nahradil zastaralou jednotku 1,4 MPI. Vycházel ze čtyřválcové jednotky 1,6 MPI známé například ze Škody Octavie. Měl zdvih 76,5 mm, vrtání 86,9 mm, zdvihový objem 1198 cm<sup>3</sup> a byl nabízen ve dvou výkonových verzích. Slabší varianta dosahovala výkonu 40 kW při 4750 min<sup>-1</sup> a točivého momentu 106 N·m, měla dva ventily na válec a využívala rozvodu OHC. Silnější verze měla výkon 47 kW při 5400 min<sup>-1</sup>, točivý moment 112 N·m při 3000 min<sup>-1</sup>, čtyři ventily na válec a dva čtyřikrát uložené vačkové hřídele – jeden pro sací ventily, druhý pro výfukové ventily [52].

Blok motoru a hlava válců jsou odlity z hliníkové slitiny tlakovým litím (Škoda byla v 60. letech 20. století průkopníkem v tlakovém lití hliníkových slitin v automobilovém průmyslu). Blok je dělený v rovině osy klikového hřídele, což je náročné na přesnost výroby, ale napomáhá to zlepšení pevnostních vlastností a ke snížení vibrací a hlučnosti motoru [52].



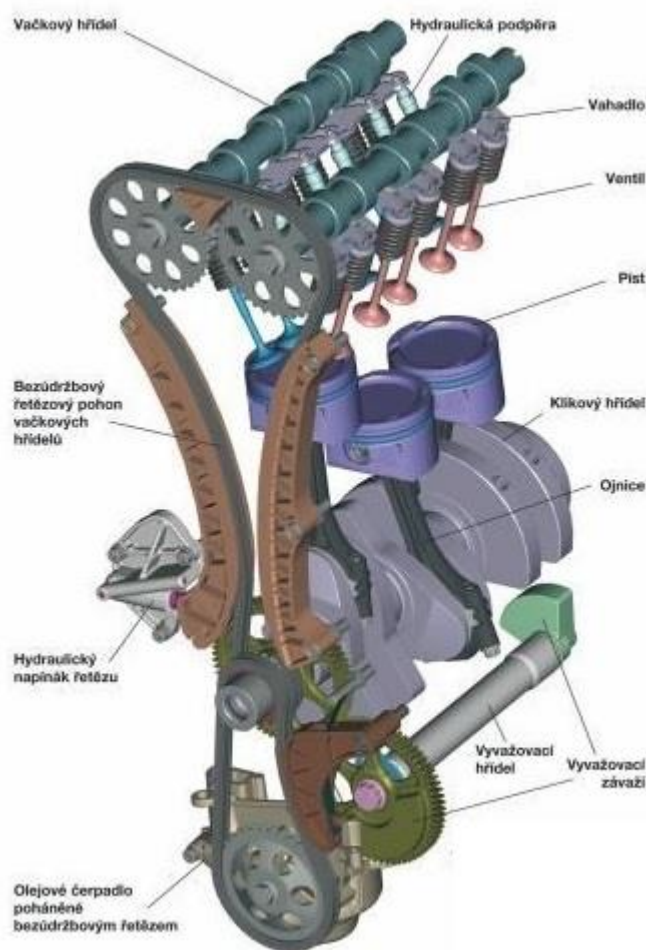
Obr. 30 Blok motoru HTP [51].

Klikový hřídel je čtyřikrát uložený a má šest vyvažovacích závaží. S klikovým hřídelem je ještě přes ozubení spojený vyvažovací hřídel. Na vyvažovacím hřídeli jsou dvě závaží – jedno je k hřídeli přišroubované a druhé integrované do ozubeného kola [52].

Hlava válců má příčné chlazení, díky němuž jsou rovnoměrněji chlazené spalovací prostory, což napomáhá lepší efektivitě spalování. Váčkový hřídel dvouventilové verze je skládané konstrukce. Je složený z ocelové trubky, na které jsou přesně usazeny jednotlivé vačky. Pohyb váčkového hřídele je řízen rozvodovým řetězem s hydraulickým napínákem. Rozvodový mechanismus s řetězem je méně náročný na údržbu a je u něj sníženo riziko vážného poškození motoru [52].

Ventilové vůle jsou vymezeny pomocí hydraulických zdvihátek. K redukci hmotnosti motoru přispělo využívání plastů na různých částech motoru. Plastová je například palivová lišta nebo sací potrubí [52].

Motor je uložený ve třech místech. Dvě místa jsou zajištěna pomocí pružných lůžek, třetí pomocí kyvné reakční vzpěry, která zajišťuje tlakové a tahové síly při podélných výkyvech motoru [52].



Obr. 31 Pohyblivé části motoru 1,2 HTP 12V [53].

Tento motor nemá mezi veřejností dobrou pověst. Provázely jej závažné problémy, hlavně na začátku výroby. Nejzávažnějším problémem dvouventilové verze bylo podpalování ventilů. Jeho důvodem byl katalyzátor, který se díky umístění blízko motoru obešel bez tepelné izolace mezi jádrem a pláštěm. Jádro se ale po čase uvolnilo a třením o plášť vznikaly piliny, které se dostávaly zpět do motoru – zachycovaly se na drčících ventilů, kde vybrousily jejich pouzdra. Tím byla zvětšena vůle mezi pouzdem a ventilem. Ventil pak při svém pohybu kmital a časem došlo k jeho podpálení. Dalším problémem bylo nadměrné vytváření karbonu a jeho zachycování na hydraulických zdvihátkách ventilů. Bylo to kvůli absenci olejového chladiče a následnému přehřívání oleje, ve kterém se karbon snadno vytvářel. U čtyřventilové verze byl problém s rozvodovým řetězem, který kvůli jeho hydraulickému napínáku po vypnutí motoru povolil natolik, že snadno přeskočil o jeden zub [54], [55].



*Obr. 32 Podpálený výfukový ventil motoru HTP [56].*

Roku 2006, kdy byla uvedena druhá generace Fabie, byly upraveny obě verze motoru HTP. Výkony narostly na 44 a 51 kW. Byl odstraněn problém s katalyzátorem, který dostal tepelný štít. Hydraulický napínák byl modifikován, tudíž byl odstraněn problém s rozvodovým řetězem. V roce 2009 byl vyměněn válečkový rozvodový řetěz za ozubený. To přinášelo výhody v menší hlučnosti a tření. Další změna přišla v roce 2011, kdy se dvouventilová verze přestala vyrábět. Slabší verze měla také rozvod DOHC, jen byla softwarově upravená. Motor navíc dostal čidlo teploty oleje [55]. Poslední modifikace tohoto motoru byla v modelu Rapid. Dostala obchodní označení MPI a dosahovala výkonu 55 kW při 5400 min<sup>-1</sup>. Měla upravené sací a výfukové potrubí nebo nové pístní kroužky s nižším třením. Výroba tohoto motoru skončila bez náhrady v roce 2015 [57].

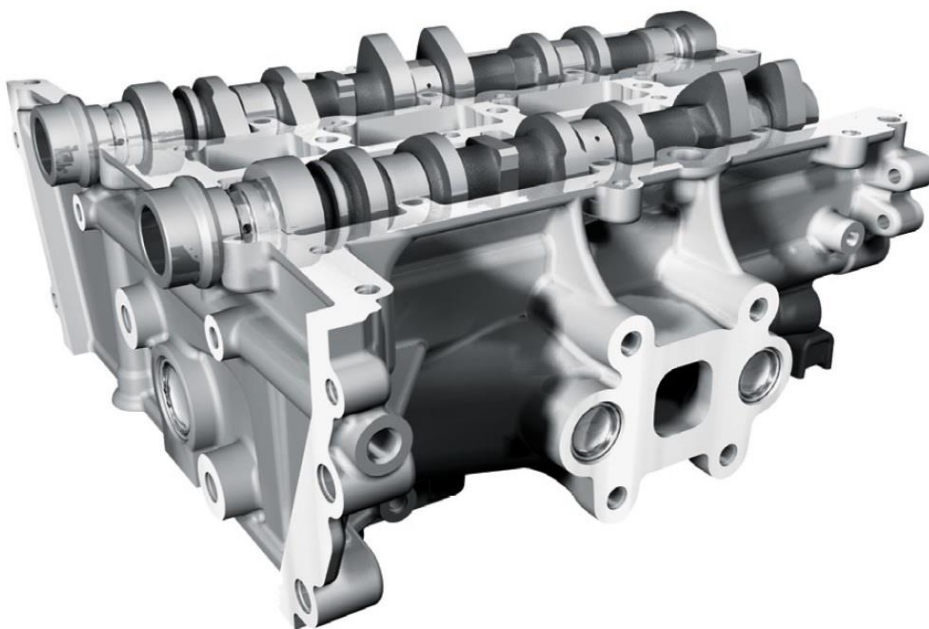


## 5.2 FORD 1,0 ECOBOOST

Roku 2012 uvedl Ford do svého modelu Focus přeplňovaný tříválcový motor o zdvihovém objemu  $999 \text{ cm}^3$ , zdvihu 82 mm a vrtání 71,9 mm. Šlo o jeden z prvních downsizovaných tříválcových motorů, který byl montovaný do vozu nižší střední třídy. Měl výkon 92 kW při  $6000 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment 170 N·m při  $1400 - 4500 \text{ min}^{-1}$  a díky funkci Overboost 200 N·m [58]. Overboost je funkcí řídicí jednotky, která při rychlém sešlápnutí plynového pedálu dokáže zvýšit točivý moment motoru na 30 sekund. Motor měl i slabší variantu o výkonu 74 kW při  $6000 \text{ min}^{-1}$  a stejném točivém momentu jako silnější varianta, jen nedisponovala funkcí Overboost [59], [60].

Motor má litinový blok, který je sice těžší než hliníkový, ale díky pevnostním charakteristikám bylo možné blok válců zmenšit natolik, že hmotnostní rozdíl není velký. Navíc je vystaven v jednom okamžiku velkému tlaku, teplotě a silným vibracím, čemuž litina odolává lépe. Díky své pevnosti má stěna mezi jednotlivými válci tloušťku pouze 6,1 milimetrů, což napomáhá rychlejšímu ohřevu na provozní teplotu [61], [62].

Hlava je hliníková a její součástí jsou i vodou chlazené výfukové svody. Hlava i blok motoru jsou chlazeny odděleně. Po nastartování motoru proudí kapalina jen výfukovou stranou, což napomáhá rychlejšímu ohřevu motoru na provozní teplotu. Díky chlazení hlavy jsou ochlazovány výfukové plyny, které pak neproudí do turbodmyhadla tak horké, a tudíž není nutné výfukové plyny ochlazovat obohacením směsi, hlavně při vysokých otáčkách a velkém zatížení motoru. Motor má čtyři ventily na válec a je vybaven jejich variabilním časováním Ti-VCT [61], [63].

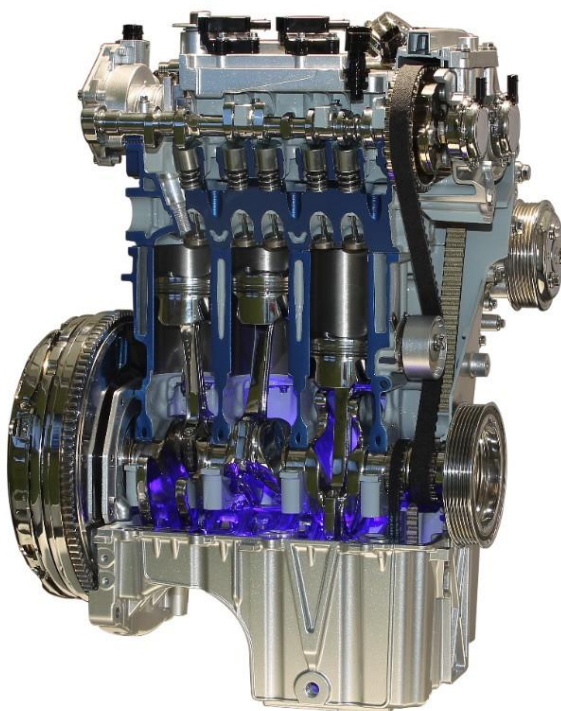


*Obr. 33 Hlava válců s integrovaným výfukovým potrubím [66].*

Litinový klikový hřídel má šest protizávaží a je uložený pomocí čtyř hlavních ložisek [58]. Pro snížení třecích ztrát pístní skupiny je klikový hřídel o 9 milimetrů vyosený oproti ose válce [63].

Momenty setrvačných sil prvního řádu nejsou vyvážené pomocí vyvažovacího hřídele, ale pomocí záměrně nevyváženého setrvačníku a řemenice klínového řemene. To přináší výhody v úspoře hmotnosti motoru a snížení tření, vyvážení tímto způsobem však není úplné.

Rozvodový mechanismus je poháněn pomocí řemene, který je ve své spodní části namáčený do olejové lázně. Tím se prodlužuje jeho životnost a odolnost proti rázům od motoru [61]. Použité turbodmychadlo od firmy Continental je velmi malé. Snadno a velmi rychle dosáhne svých maximálních otáček – 248 000 za minutu. Zároveň i dokáže své otáčky rychle snížit a rychle chladnout [63].

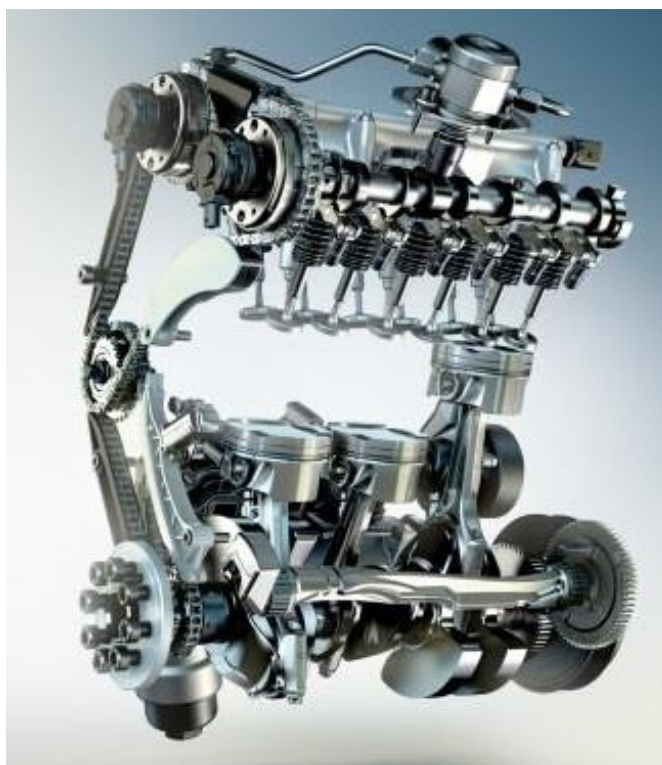


*Obr. 34 Řez motorem 1,0 Ecoboost [65].*

Pro rok 2018 se chystá přepracování tohoto motoru. Zásadní novinkou bude technologie vypínání jednoho válce. Bude aktivována ve chvíli, kdy nebude potřeba celý zdvihový objem motoru, například při jízdě ustálenou rychlostí. Systém bude pracovat do  $4500 \text{ min}^{-1}$ . Odpojení nebo aktivace válce potrvá pouhých 14 milisekund. Pomocí tlaku oleje bude aktivováno speciální vahadlo, které přeruší spojení mezi vačkovým hřídelem a ventily na prvním válci. Nový bude modul vačkového hřídele, který v hlavě uvolní potřebné místo pro olejové kanály a součástky nutné k odstavení ventilů. Pro udržení kultivovaného chodu motoru byl vyvinut nový dvuhmotový setrvačník společně se spojku s tlumičem kmitů. Upravené bude i uložení motoru nebo rozvodový řemen, který bude zesílený, stejně jako ventilová vahadla [64].

### 5.3 BMW B38

Roku 2014 uvedla automobilka BMW na trh svůj první zážehový tříválcový motor v modelu i8. Byl jím motor B38 o zdvihu 94,6 mm, vrtání 82 mm a celkovém zdvihovém objemu 1499 cm<sup>3</sup>. V modelu i8 má výkon 170 kW při 5800 min<sup>-1</sup> a točivý moment 320 N·m při 3500 min<sup>-1</sup>. Ve vozu i8 je navíc kombinován s elektromotorem o výkonu 96 kW a točivém momentu 250 N·m. Tato kombinace znamená nízkou hodnotu vypouštěného oxidu uhličitého do ovzduší – 49 gramů na ujetý kilometr. V ostatních modelech má tento motor výkon 100 kW při 4500 min<sup>-1</sup> a točivý moment 220 N·m při 1250 min<sup>-1</sup>. Pro silnější verzi byla upravena kliková skříň, byly zvětšeny průměry ložisek klikového hřídele. Hlava byla vyrobena gravitačním litím, jak uvádí BMW, pro lepší pevnostní charakteristiky [68], [69].

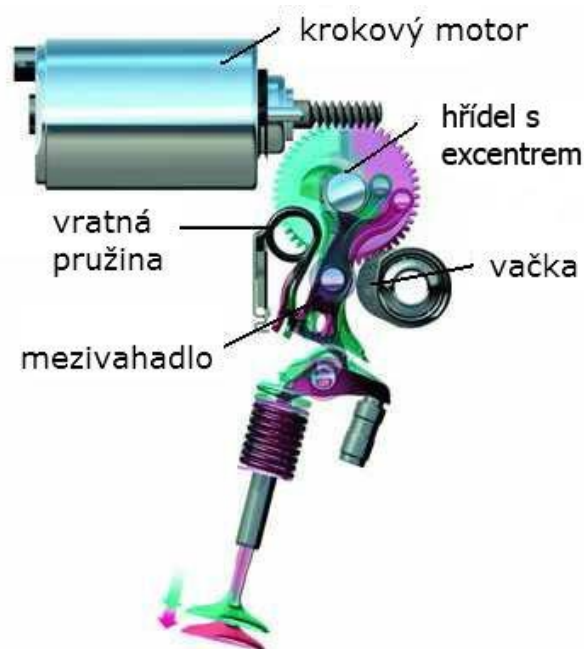


*Obr. 35 Pohyblivé části motoru BMW B38 [67].*

Motor má blok, hlavu válců i klikovou skříň z hliníkové slitiny. Na povrch válce je nanesený 0,3 milimetrů tenký povlak, který je vysoce odolný proti opotřebení a lépe odvádí teplo z válce do chladiva než obvykle používané litinové vložky. Klikový hřídel je ocelový, kovaný a v místě ložisek zesílený. Ojnice jsou také kované a v jejich okách jsou zalisovány bronzové vložky. K vyvážení klikového mechanismu slouží vyvažovací hřídel s dvěma závažími. Jedno protizávaží je pevně přikované na hřídeli. Druhé, jenž je vyrobeno metodou slinování, je integrováno do ozubeného kola, které spojuje vyvažovací hřídel s klikovým hřídelem. Motor má celohliníkové vodou chlazené turbodmychadlo [69].

Motor je vybaven systémem Valvetronic. Kombinuje proměnné časování ventilů s proměnným zdvihem sacích ventilů. Tento systém dokáže nahradit funkci škrtkové klapky, která je sice v motoru přítomna, ale pouze pro nouzový režim, jinak je stále otevřena. Tímto řešením byla

snížena negativní práce v p-V diagramu a také byly odstraněny ztráty, které vznikají turbulentním prouděním vzduchu škrtkou klapkou. Rozvodový mechanismus sacích ventilů má navíc mezivahadlo, které spolu s vahadlem tvoří spojení mezi vačkou a ventilem. Mezivahadlo působí na zdvih sacích ventilů pomocí excentrického hřídele, jenž je řízený elektromotorem. Tento systém byl poprvé použit v roce 2001 a v motoru B38 je jeho čtvrtá generace [70]. V této generaci je elektromotor pro nastavování excentrického hřídele umístěn v hlavě motoru na straně sacích ventilů. Zároveň byla zaměněna pozice excentrického hřídele a vačkového hřídele. Tím byla zásadně snížena výška celého mechanismu [69].



Obr. 36 Systém Valvetronic 1.generace [70].

Tento motor je součástí koncepce automobilky, kdy jejich motory mají zdvihový objem jednoho válce  $500 \text{ cm}^3$ . Pro tříválcový motor byla tato hodnota určena jako nejlepší vzhledem k třecím ztrátám, účinnosti, vibracím i zvukovému projevu. Kromě tříválcového motoru jsou s tímto jednotkovým zdvihovým objemem vyráběny i čtyřválcové a šestiválcové motory [71].

## 5.4 HYUNDAI 1,0 CVVT

V roce 2011 uvedl koncern Hyundai tříválcový motor o zdvihovém objemu  $998 \text{ cm}^3$  při zdvihu 84 mm a vrtání 71 mm. V modelech Hyundai i10 a Kia Picanto nahradil čtyřválcový motor 1,1 12V. Tento motor má výkon 51 kW při  $6200 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment 95 N·m při  $3500 \text{ min}^{-1}$  [72]. Výrobce také pro tento motor nabízí možnost továrně montovaného LPG. V této verzi má 60 kW při  $6400 \text{ min}^{-1}$  a točivý moment 94 N·m při  $3500 \text{ min}^{-1}$  [73].

Blok motoru je vyroben z hliníkové slitiny a pro jeho výrobu je použito tlakové lití. Ke zvýšení odolnosti pro otěru jsou ve válcích litinové vložky.



Na vnějším průměru vložky jsou 0,7 milimetrů vysoké výstupky, které zlepšují přilnavost mezi válcem a vložkou. Tím je navíc zlepšena odolnost válce proti deformaci [74].

Klikový hřídel je vyroben z perlitické tvárné litiny. Při jeho návrhu bylo hlavním cílem minimalizovat točivé a klopné momenty. Vzhledem k tomu, že motor nemá vyvažovací hřídel, musí být tyto momenty zmírněny pomocí protizávaží na klikovém hřídeli. Dynamickými simulacemi byl určen optimální tvar klikového hřídele, respektive jejich protizávaží. Pro snížení tření pístu ve válci je klikový hřídel vyosený o 11 milimetrů [74].

Pro snížení třecích ztrát byla snížena hmotnost ojnice a pístu, z čehož vyplývá zlepšení účinnosti spalování o 0,5 %. Pro snížení setrvačných sil byla snížena kompresní výška pístu. Redukci třecích ztrát také napomáhají pístní kroužky povlakované metodou PVD a také povlakované pláště pístů sulfidem molybdeničitým. Pro další zvýšení účinnosti je spalovací komora navržena tak, aby její povrch byl co nejmenší [74].

Motor je vybaven proměnným časováním ventilů Dual-CVVT. Tím se stal prvním motorem své třídy, který je osazený tímto systémem. Pro snížení ceny je sací potrubí plastové a výfukové potrubí je litinové. Oproti obvyklému nerezovému výfukovému potrubí je u litinového větší podíl křemíku, což zvyšuje odolnost proti oxidaci za vysokých teplot a životnost katalyzátoru. Pro verzi spalující LPG musely být upraveny ventily z hlediska odolnosti proti otěru, korozi a také z hlediska dobrého vedení tepla. Díky všem jmenovaným úpravám a konstrukčním řešením motor váží pouhých 71,4 kilogramů, což z něj dělá nejlehčí motor oproti ostatním motorům srovnatelného zdvihového objemu [74].



*Obr. 37 Motor Hyundai 1,0 CVVT [74].*

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo ukázat důvody využívání řadových čtyřdobých tříválcových motorů a shrnout jejich vývoj. První kapitolou je část pojednávající o základním principu tříválcového motoru a o jeho momentovém vyvážení. Dále tu byl i výpočetně dokázán důvod větší nerovnoměrnosti chodu tříválcového motoru oproti čtyřválcovému motoru.

V části pojednávající o důvodech využívání bylo ukázáno mnoho vlastností tříválcového motoru, které tříválcový motor zvýhodňují a dvě z nich byly výpočetně porovnány se čtyřválcovým motorem.

Dále se práce zabývala vývojem řadových čtyřdobých tříválcových motorů od počátku 20. století. Vzhledem k tomu, že mnohé automobilky, které používaly na začátku tříválcový motor, ukončily svoji existenci během první čtvrtiny 20. století, bylo získávání zdrojů velmi složité. I přesto se podařilo získat dostatek informací, které ukazují parametry i konstrukční řešení tehdejších motorů. Zajímavostí je, že za největší problém tříválcového motoru nebyly považovány vibrace motoru (což může být do jisté míry dáno nízkými maximálními otáčkami tehdejších motorů a také preferencemi zákazníků), ale jejich špatné chlazení a vysoká spotřeba vody.

Ve čtvrté kapitole byl nastíněn důvod znovupoužívání čtyřdobých tříválcových motorů. Byl tu popsán motor Suzuki určený pro japonský trh, dále motor Daihatsu, který byl jedním z prvních čtyřdobých tříválcových motorů, který prorazil po celém světě a motor Daewoo, který byl jedním z prvních rozšířených čtyřdobých tříválcových motorů na našem trhu. Vznětové tříválcové motory od Volkswagenu patřily k nejúspěšnějším vozům své doby.

V poslední kapitole bylo pojednáno o nejznámějším motoru v České Republice, jednotce HTP. Dále tu byly popsány dva motory, které získaly ocenění Engine of the Year a některými řešeními jsou inspirací pro ostatní výrobce. Jednotka Hyundai byla zvolena jako méně známý motor, nicméně má také spoustu inovativních řešení. V současné době je nabídka tříválcových motorů tak rozsáhlá, že popsat konstrukci více motorů by převyšovalo doporučený rozsah bakalářské práce. Proto byly popsány nejzásadnější tříválcové motory. Parametry několika dalších motorů, nejen ze současnosti, ale i z dalších dvou období, jsou shrnuty v příloze této práce.

Co se týče výhledu do budoucnosti, tak lze očekávat další vývoj ve snižování vibrací, a to jak z hlediska dokonalejšího uložení motoru, tak i z hlediska vyvažování momentů setrvačných sil. Jak bylo naznačeno výše, motor Ecoboost je ukázkou vyvážení motoru bez vyvažovacího hřídele. Jednotkovým zdvihovým objemem 500 cm<sup>3</sup> jako nejlepším z hlediska termické účinnosti se inspiroval Ford u BMW při chystaném modelu Fiesta ST. Je pravděpodobné, že i další výrobci se vydají touto cestou. Ford také začne u svých tříválcových motorů používat technologii vypínání jednoho válce, což také můžeme očekávat u jiných značek.

Od září letošního roku (2017) bude spotřeba paliva a množství vypuštěného oxidu uhličitého měřena pomocí nového cyklu WLTP. Při něm budou vozy zkoušeny při reálnějších podmínkách, než tomu bylo dosud. Současné přeplňované tříválcové motory to zasáhne nejvíce, jelikož jsou navrženy tak, aby co nejlépe prošly stávajícím cyklem NEDC. Je pravděpodobné, že díky novému měřicímu cyklu se začnou prosazovat tzv. mild-hybridy. V témže měsíci se začnou emise měřit přísným testem RDE, což bude výrobce nutit k dalším inovacím [75].

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HADLER, J. Dreizylindermotoren von Volkswagen. MTZ - Motortechnische Zeitschrift [online]. 2009, Vol. 70, Nr. 5, p. 354-360 [cit. 2017-04-12]. ISSN 2192- 8843 (online). DOI: 10.1007/BF03225487. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03225487>
- [2] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8756-4.
- [3] Kolektiv autorů VÚNM a ČKD. *Naftové motory čtyřdobé*. 1. díl. Druhé vydání. Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1962. L123-B3-IV-41/2490.
- [4] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [5] HILLIER, V.A.W. *Hillier's fundamentals of motor vehicle*. 6. vyd. Cheltenham: Nelson Thornes, 2012. ISBN 978-1-4085-1518-1.
- [6] VLK, František. Konstrukce motocyklových motorů. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 2006, 17(4), 224-243. ISSN 1211-443X.
- [7] SAXENA, Sudhir Kumar. *Automobile Engineering*. New Delhi: Laxmi, 2009. ISBN 978-81-318-0709-5.
- [8] PÍŠTĚK, Václav a Lubomír DRÁPAL. *Hnací ústrojí: Vyvažování řadových motorů - tříválec*. Brno: Ústav automobilního a dopravního inženýrství, VUT, 2012.
- [9] ÚLOM, Petr. *Technické znaky motoru*. Praha: SOŠ a SOU Praha, 2010, 21 s. Dostupné také z: <http://slideplayer.cz/slide/1953969/>
- [10] PÍŠTĚK, Václav a Lubomír DRÁPAL. *Hnací ústrojí: Zatížení částí klikového mechanismu*. Brno: Ústav automobilního a dopravního inženýrství, VUT, 2012.
- [11] *Car with four cylinder engine or three cylinder engine?* [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.team-bhp.com/forum/technical-stuff/65785-car-four-cylinder-engine-three-cylinder-engine.html>
- [12] DKW 3=6 Sonderklasse: tříválec jako šestiválec? *Veteran.auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2015 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://veteran.auto.cz/clanek/755/dkw-3-6-sonderklasse-trivalec-jako-sestivalec>
- [13] 3-cylinder engine vs. 4-cylinder engine: pros and cons. *Cartoq - Honest Car Advice* [online]. Noida: Mindworks Global Media Services, 2012 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.cartoq.com/advantages-and-disadvantages-of-a-3-cylinder-engine-over-a-4-cylinder>
- [14] HEISLER, H. *Advanced Engine Technology*. 1st edition. Oxford (Great Britain): Arnold, 1995, reprint 2002. ISBN 1-56091-734-2.
- [15] HEYWOOD, J. B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. 1st edition. New York: McGraw-Hill, 1988. ISBN 0-07-028637-X.

- [16] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4300-6.
- [17] Compression Ratio. In: *Streetrod101* [online]. c2012 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.streetrod101.com/compression-ratio.html>
- [18] Ford Fiesta 1.4 Duratec Trend SVP. In: *Egospodarka.pl* [online]. Kąty Wrocławskie: Kasat, 2012 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.moto.egospodarka.pl/88645,Ford-Fiesta-1-4-Duratec-Trend-SVP,2,107,1.html>
- [19] Capsule Review: 2014 Ford Fiesta SE 1.0 liter EcoBoost. In: *Thetruthaboutcars.com* [online]. Toronto: VerticalScope, 2014 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.thetruthaboutcars.com/2014/07/capsule-review-2014-ford-fiesta-se-1-0-liter-ecoboost/>
- [20] Oxid uhličitý CO<sub>2</sub>. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/>
- [21] Reducing CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars. *European Commission* [online]. Brussels: EUROPEAN COMMISSION, [2016] [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en)
- [22] BEAUMONT, Willam Worby. *Motor Vehicles and Motors* [online]. Vol. 2. Westminster: Constable, 1906 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=nyp.33433023000403;view=1up;seq=9>
- [23] *The Brooke Motors* [online]. Lowestoft: Flood, 1903 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <https://www.bighealey.co.uk/catalogue/the-brooke-motors/mobile/index.html#p=1>
- [24] *About Argyll: Disqualified for losing ballast* [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.argyllmotors.co.uk/about/>
- [25] Early American Automobiles. *Early American Automobiles* [online]. Amesbury: Royal Feltner, 2012 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.earlyamericanautomobiles.com/massautos.htm>
- [26] CULSHAW, David a Peter HORROBIN. *The Complete Catalogue of British Cars 1895 - 1975*. Dorchester: Veloce, 1997. ISBN 978-1-874105-93-0.
- [27] *Argyll Motor Cars: Preliminary Catalogue* [online]. Glasgow, 1905 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://digital.hagley.org/islandora/object/islandora%3A2182674/datastream/PDF/download>
- [28] Múzeum Dopravy v Glasgowe – galéria. In: *Vintagedistrict.sk* [online]. Ošadnica: JAVAS, c2015 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://vintagedistrict.sk/muzeum-dopravy-v-glasgowe-galeria>
- [29] Single-cylinder T-head engine. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Single-cylinder\\_T-head\\_engine\\_\(Autocar\\_Handbook,\\_13th\\_ed,\\_1935\).jpg?uselang=cs](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Single-cylinder_T-head_engine_(Autocar_Handbook,_13th_ed,_1935).jpg?uselang=cs)

- [30] *Vauxhall 3-cylinder - 12-14hp, 7-9hp&9hp* [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://vauxpedianet.uk2sitebuilder.com/vauxhall-3-cylinder---12-14hp-7-9hp-9hp>
- [31] PRICE, Barrie. *The Lea-Francis Story* [online]. Dorchester: Veloce, 2016 [cit. 2017-04-28]. ISBN 978-1-845847-06-7. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?id=O8V5CwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=O8V5CwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [32] Lea-Francis The First Motor Car. *Lea-Francis Owners' Club* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.lfoc.co.uk/vehicle/lea-francis-the-first-motor-car-1903/>
- [33] ATKINSON, Kevin. *The Singer Story* [online]. Dorchester: Veloce, 2016 [cit. 2017-04-29]. ISBN 978-1-845849-66-5. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=zonQCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>
- [34] 1905 Rolls-Royce 15 hp technical specifications. *Carfolio.com* [online]. 2013 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.carfolio.com/specifications/models/car/?car=262218>
- [35] How a Motor Car works - what every young person should know. *Rolls-Royce Enthusiasts' Club* [online]. Paulerspury: R.R.E.C, 2006 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: [https://www.rrec.org.uk/Cars/How\\_A\\_Car\\_Works.php](https://www.rrec.org.uk/Cars/How_A_Car_Works.php)
- [36] A Three Cylinder Rolls-Royce. *Vintage Motoring Blog* [online]. 2012 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://vintagemotoring.blogspot.cz/2012/09/a-three-cylinder-rolls-royce.html>
- [37] Brixia-Züst. *Woiweb.com* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.woiweb.com/index.php/Brixia-Zust>
- [38] Brixia-Züst Historia. *Autopassion18.com* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.autopasion18.com/HISTORIA-BRIXIA-ZUST.htm>
- [39] History of Japanese Kei Car. *Autoevolution.com* [online]. Bucharest: SoftNews, 2012 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.autoevolution.com/news/history-of-the-japanese-kei-car-49720.html>
- [40] Why are Kei cars so popular in Japan and will they be popular elsewhere? *The SysEne Blog* [online]. Vancouver: SysEne, 2014 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.engineeringnewworld.com/?p=314>
- [41] *Suzuki Hatch with 550cc engine service manual* [online]. 2nd ed. Japan: The Division, 1982 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.icbm.com.au/mightyboy/manual.htm>
- [42] *Technical Information Daihatsu Charade* [online]. Ósaka: Daihatsu Motor Sales, 1978 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://manuals.co/workshop/daihatsu/charade/daihatsu-charade-1978-workshop-manual/5525657/1>
- [43] *Daihatsu Type CB Engine* [online]. Ósaka: Daihatsu Motor, 1987 [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.manualslib.com/manual/964569/Daihatsu-Cb-23.html#manual>

- [44] Daewoo Tico. *Autoevolution.com* [online]. Bucharest: SoftNews, c2008-2017 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: [https://www.autoevolution.com/cars/daewoo-tico-1991.html#aeng\\_daewoo-tico-1991-08](https://www.autoevolution.com/cars/daewoo-tico-1991.html#aeng_daewoo-tico-1991-08)
- [45] BUJAŇSKI, Krzysztof. *Údržba a opravy automobilů Daewoo Matiz od 1998: zážehové motory* [online]. České Budějovice: Kopp, 2004 [cit. 2017-05-07]. ISBN 80-7232-240-0. Dostupné z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:a98d1120-265c-11e6-9fe5-005056827e52>
- [46] *Service Manual Matiz* [online]. Inchon: Daewoo Motor, 2003 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://manuals.co/workshop/chevrolet/matiz/daewoo-matiz-2003-workshop-manual/5525664/1>
- [47] LÁNÍK, Ondřej. Daewoo Matiz - nejmenší MPV na světě. *Auto.cz* [online]. 2003 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/daewoo-matiz-nejmensi-mpv-na-svete-817>
- [48] *The 1.2l and 1.4l TDI engines: Self-Study Programme 223*. Wolfsburg, 2000. Dostupné také z: [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_223.pdf](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_223.pdf)
- [49] *The Lupo 3L: Self-Study Programme 218*. Wolfsburg, 1999. Dostupné také z: [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_218.pdf](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_218.pdf)
- [50] LÁNÍK, Ondřej. VW Lupo 3L TDI - třílitrový zázrak. *Auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2005 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/vw-lupo-3l-tdi-trilitrovy-zazrak-1095>
- [51] *Die 1,2l 3-Zylinder-Ottomotoren: Selbststudienprogramm 260*. Wolfsburg, 2001. Dostupné také z: [http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP\\_260\\_d1.PDF](http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_260_d1.PDF)
- [52] CEDRYCH, Mario René a Jiří SCHWARZ. *Automobily Škoda Fabia: Fabia, Fabia Combi, Fabia Sedan* [online]. 3., rozš. vyd. Praha: Grada, 2003 [cit. 2017-05-07]. ISBN 80-247-0656-3. Dostupné z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:006a5f60-85ba-11e4-a0ea-005056827e52>
- [53] Škoda za třináct let vyrobila tři milióny tríválcových motorů HTP. In: *Novinky.cz* [online]. Praha: Borgis, 2014 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/335368-skoda-za-trinact-let-vyrobila-tri-miliony-trivalcovych-motoru-htp.html>
- [54] DUSIL, Tomáš. Tríválec 1.2 HTP: Opravdu jde o takový průsvih, jak se traduje? *Auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/trivalec-1-2-htp-opravdu-jde-o-takovy-prusvih-jak-se-traduje-101010>
- [55] VACULÍK, Martin. Od tragédie k dokonalosti. *Svět Motorů*. 2014, **67**(45), 24-25. ISSN 0039-7016.
- [56] Inu HTP.. In: *Fórum Autorevue.cz* [online]. 2008 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://garaz.autorevue.cz/viewtopic.php?f=810&t=818905&start=75&st=0&sk=t&sd=a>

- [57] ŠIKL, Petr. Test Škoda Rapid 1.2 MPI – základní kámen. *Autorevue.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2013 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/test-skoda-rapid-12-mpi--zakladni-kamen/ch-48076#articleStart>
- [58] FORD FOCUS 1.0-LITRE ECOBOOST SPECIFICATIONS. Dearborn, 2013. Dostupné také z: [https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/Europe/en/2013/Features/The%20Ecoboost%20Engine/Focus1.0-litre%20EcoBoost\\_TechSpecs\\_EU.pdf](https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/Europe/en/2013/Features/The%20Ecoboost%20Engine/Focus1.0-litre%20EcoBoost_TechSpecs_EU.pdf)
- [59] SAJDL, Jan. OverBoost. *Autolexicon.net* [online]. Autolexicon [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/overboost/>
- [60] Review of Ford's Fantastic 1.0-litre Ecoboost Engine. *Smellmyclutch.com* [online]. 2014 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.smellmyclutch.com/fords-1-0-litre-ecoboost-engine/>
- [61] LIPAVSKÝ, Václav. Prvá jazda: Ford Focus 1.0 EcoBoost. *Auto.pravda.sk* [online]. Bratislava: Perex, 2012 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <https://auto.pravda.sk/novinky/clanok/63714-prva-jazda-e2-80-93-ford-focus-10-ecoboost/>
- [62] FREI, Martin. Ford Focus EcoBoost 1,0 l: Jízdní dojmy z odvážného tříválce. *Auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2012 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/ford-focus-ecoboost-1-0-l-jizdni-dojmy-odvazneho-trivalce-65263>
- [63] VOKÁČ, Luděk. Překvapení pod kapotou. První jízdy s tříválcem 1,0 ve Fordu Focus. *Auto.idnes.cz* [online]. Praha: MAFRA, 2012 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/trivalec-ve-fordu-focus-prvni-jizdy-dbl-/auto\\_testy.aspx?c=A120226\\_110506\\_auto\\_testy\\_vok](http://auto.idnes.cz/trivalec-ve-fordu-focus-prvni-jizdy-dbl-/auto_testy.aspx?c=A120226_110506_auto_testy_vok)
- [64] Ford 1.0 EcoBoost dostane technologii odpojování válce. In: *Ford-autoin.cz* [online]. Pardubice: AUTO IN, 2016 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.ford-autoin.cz/Novinky/Detail/965/ford-1-0-ecoboost-dostane-technologie-odpojovani-valce>
- [65] FORD 1.0L ECOBOOST ENGINE. In: *The Ford Motor Company Mediacenter* [online]. Dearborn: THE FORD MOTOR COMPANY, c2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://media.ford.com/content/fordmedia/fap/th/en/features/ford-1-0l-ecoboost-engine.html>
- [66] Three-cylinder engine with direct injection. *MTZ worldwide* [online]. 2012, **73**(5), 4-11 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.springerprofessional.de/en/three-cylinder-gasoline-engine-with-direct-injection/6116256?searchBackButton=true&abEvent=detailLink>
- [67] B38 type BMW engine three-cylinder. In: *DRIVE* [online]. 2016 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://drive-my.com/en/social/photos/item/14321-b38-type-bmw-engine-three-cylinder/group/82-bmw-group-news.html>
- [68] Technical training. Product information. I12 Powertrain. Munich, 2013.

- [69] THE NEW BMW THREE- AND FOUR-CYLINDER GASOLINE ENGINES. *MTZ worldwide* [online]. 2014, **75**(6), 14-21 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.springerprofessional.de/en/the-new-bmw-three-and-four-cylinder-gasoline-engines/6116966?searchBackButton=true&abEvent=detailLink>
- [70] Valvetronic. *Autolexikon.net* [online]. [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.autolexikon.net/cs/articles/valvetronic>
- [71] THERMODYNAMICS OF THE BMW THREE-CYLINDER ENGINE. *MTZ worldwide* [online]. 2013, **74**(5), 4-9 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.springerprofessional.de/en/thermodynamics-of-the-bmw-three-cylinder-engine/6116640?searchBackButton=true&abEvent=detailLink#pay-wall>
- [72] LÁNÍK, Ondřej. Hyundai i10 1,0 12V (51 kW): Nový tříválec se spotřebou 4,2 l/100 km. *Auto.cz* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2011 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/hyundai-i10-1-0-12v-51-kw-novy-trivalec-se-spotrebou-4-2-l-100-km-54366>
- [73] HORÁČEK, Vojtěch. Kia Picanto 1.0 CVVT v testu: trpaslík do města jezdí i na LPG. *Auto.ihned.cz* [online]. Praha: Economia, 2011 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://auto.ihned.cz/c1-52654810-kia-picanto-1-0-cvvt-v-testu-trpaslik-do-mesta-jezdi-i-na-lpg>
- [74] THE NEW HYUNDAI-KIA 1.0 L THREE-CYLINDER GASOLINE ENGINE. *MTZ worldwide* [online]. 2011, **72**(7-8), 10-16 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <https://www.springerprofessional.de/en/the-new-hyundai-kia-1-0-l-three-cylinder-gasoline-engine/6428890?searchBackButton=true&abEvent=detailLink>
- [75] VOKÁČ, Luděk. Automobilky čeká peklo. Nové testy emisí popřou fyziku a downsizing. *Auto.idnes.cz* [online]. Praha: Mafra, 2016 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: [http://auto.idnes.cz/zmensovani-downsizing-motoru-konec-testy-emisi-fub-/automoto.aspx?c=A161019\\_200832\\_automoto\\_vok](http://auto.idnes.cz/zmensovani-downsizing-motoru-konec-testy-emisi-fub-/automoto.aspx?c=A161019_200832_automoto_vok)
- [76] *UltimateSPECS* [online]. c2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.ultimatespecs.com/>
- [77] Alfa Romeo 33 1.8 TD. *Carfolio.com* [online]. Carfolio, 2005 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.carfolio.com/specifications/models/car/?car=126962>
- [78] Mightyboy Specifications. *Mighty boy Club of Australia* [online]. Australia: Mighty Boy Club, c1992 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.icbm.com.au/mightyboy/specs.htm>
- [79] All-new 2018 Ford Fiesta ST: specs, performance, prices, pictures and video. *Autoexpress* [online]. London: Dennis, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.autoexpress.co.uk/ford/fiesta/97192/all-new-2018-ford-fiesta-st-specs-performance-prices-pictures-and-video>
- [80] *Greeco Channel* [online]. Japonsko: Greeco [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://greeco-channel.com/>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BMW		Bayerische Motoren Werke
CDI		Common-rail Diesel Injection
CO <sub>2</sub>		Oxid uhličitý
CRDi		Common-rail Direct Injection
CVVT		Continuously Variable Valve Timing
DKW		Dampf-Kraft-Wagen
DOHC		Double Over Head Camshaft
HP		Horsepower
HTP		High Torque Performance
IFA		Industrieverband Fahrzeugen
LPG		Liquified Petroleum Gas
MPI		Multi Point Injection
NEDC		New European Driving Cycle
OHC		Over Head Camshaft
OHV		Over Head Valve
PVD		Physical Vapour Deposition
RDE		Real Driving Emissions
SOHC		Single Over Head Camshaft
SV		Side Valves
Ti-VCT		Twin independent Variable Cam Timing
TDI		Turbocharged Direct Injection
VVT-i		Variable Valve Timing with intelligence
WLTP		Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure
$a$	[m·s <sup>-2</sup> ]	Zrychlení pístu
$d$	[mm]	Průměr pístu
$D$	[mm]	Vrtání válce
$d_1$	[mm]	Průměr pístu tříválcového motoru
$d_2$	[mm]	Průměr pístu čtyřválcového motoru
$D_1$	[mm]	Vrtání válce tříválcového motoru
$D_2$	[mm]	Vrtání válce čtyřválcového motoru
$d_k$	[mm]	Průměr kruhového řezu válcem
$dT$	[-]	Změna teploty

$dx$	[-]	Změna ve směru osy x
$F_p$	[N]	Výsledná síla působící v ose válce
$F_{pl}$	[N]	Síla od tlaku plynů
$l$	[mm]	Délka ojnice
$m$	[kg]	Hmotnost posuvných částí
$M_t$	[N·m]	Výsledný točivý moment na hlavním čepu
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky motoru
$n_1$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky motoru při částečné zátěži
$n_2$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky motoru při plné zátěži
$o$	[mm]	Obvod kruhového řezu válcem
$o_{3celkový}$	[mm]	Celkový obvod kruhových řezů válcem tříválcového motoru
$o_{4celkový}$	[mm]	Celkový obvod kruhových řezů válcem čtyřválcového motoru
$p$	[Pa]	Tlak ve spalovacím prostoru
$P$	[-]	Poměr mezi kontaktními plochami čtyřválcce a tříválcce
$P_p$	[N]	Síla od tlaků plynů
$p_0$	[Pa]	Tlak v klikové skříni
$\dot{Q}$	[W/m <sup>2</sup> ]	Tepelný tok
$r$	[mm]	Poloměr kliky
$r_{čtyřválec}$	[mm]	Poloměr kruhového řezu válcem čtyřválcového motoru
$r_k$	[mm]	Poloměr kruhového řezu válcem
$r_{tříválec}$	[mm]	Poloměr kruhového řezu válcem tříválcového motoru
$s$	[mm <sup>2</sup> ]	Obsah kruhového řezu válcem
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	Obecná plocha
$S_h$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha hlavy
$S_p$	[N]	Setrvačná síla posuvných částí
$S_{kp}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha kompresního prostoru
$S_{píst}$	[mm <sup>2</sup> ]	Čelní plocha pístu
$S_{kp_1}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha kompresního prostoru válce tříválcového motoru
$S_{kp_2}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha kompresního prostoru válce čtyřválcového motoru
$S_{píst_1}$	[mm <sup>2</sup> ]	Čelní plocha pístu tříválcového motoru
$S_{píst_2}$	[mm <sup>2</sup> ]	Čelní plocha pístu čtyřválcového motoru
$S_{kp_{1celk}}$	[mm <sup>2</sup> ]	Celková plocha kompresního prostoru válce tříválcového motoru
$S_{kp_{2celk}}$	[mm <sup>2</sup> ]	Celková plocha kompresního prostoru válce čtyřválcového motoru

$V_k$	[mm <sup>3</sup> ]	Kompresní objem jednoho válce
$V_z$	[mm <sup>3</sup> ]	Zdvihový objem jednoho válce
$V_{k_1}$	[mm <sup>3</sup> ]	Kompresní objem jednoho válce tříválcového motoru
$V_{k_2}$	[mm <sup>3</sup> ]	Kompresní objem jednoho válce čtyřválcového motoru
$V_{z_1}$	[mm <sup>3</sup> ]	Zdvihový objem jednoho válce tříválcového motoru
$V_{z_2}$	[mm <sup>3</sup> ]	Zdvihový objem jednoho válce čtyřválcového motoru
$Z$	[mm]	Zdvih válce
$Z_1$	[mm]	Zdvih válce tříválcového motoru
$Z_2$	[mm]	Zdvih válce čtyřválcového motoru
$\alpha$	[°]	Úhel natočení klikového hřídele
$\beta$	[°]	Úhel vychýlení ojnice od osy válce
$\varepsilon$	[-]	Kompresní poměr
$\lambda$	[-]	Ojniční poměr
$\lambda_q$	[W/mK]	Tepelná vodivost
$\omega$	rad·s <sup>-1</sup>	Úhlová rychlost otáčení klikového hřídele

## SEZNAM PŘÍLOH

Tabulky technických údajů pro motory počátku 20. století .....	I
Tabulky technických údajů pro motory poslední čtvrtiny 20. století .....	III
Tabulky technických údajů pro motory 21. století .....	V

Značka		Argyll [26], [27]	Belsize-Bradshaw [26]	Belsize-Bradshaw [26]	Brooke [23], [26]	Brixia-Züst [37], [38]	Clyde [26]	Duryea [22]
Model		14	18	18/24	14	10	12/14	
Rok výroby		1903-1905	1903	1906	1903-1904	1909	1906-1910	1906
Zdvih	[mm]	120	110	127	111	-	90	114
Vrtání	[mm]	100	100	114	92	-	80	114
Zdvihový objem	[cm <sup>3</sup> ]	2827	2592	3940	2398	1495	1357	3598
Rozvod ventilů		SV	-	SV	SV	-	SV	
Výkon	[HP]	14	18	24	14	10	14	12
Maximální otáčky		-	1000	-	900	1000	-	600
Maximální rychlost	[mph]	26	-	-	40	37	-	
Cena*		£455	-	-	£600	-	-	

Značka		Horbick [26]	New Leader [26]	Lea-Francis [26], [31]	Maudslay [26]	Maudslay [26]	National [26]	Rolls-Royce [26], [34]
Model		10/12	8	15	18	25	18/20	15
Rok výroby		1905-1907	1906	1905-1906	1902-1904	1904	1905	1905
Zdvih	[mm]	105	90	152	89	127	133	127
Vrtání	[mm]	90	76	101	127	127	108	102
Zdvihový objem	[cm <sup>3</sup> ]	2004	1225	3680	3383	4828	3655	3089
Rozvod ventilů		SV	-	OHC	OHC	OHC	-	F
Výkon	[HP]	12	8	15	18	25	20	15
Maximální otáčky		-	-	700	-	-	-	1000
Maximální rychlost	[mph]	-	-	-	-	-	-	40
Cena*		-	-	£850	-	-	-	£500

Značka		Ryknield [26]	Singer [26], [33]	Swift [26]	Vauxhall [26], [30]	Vauxhall [26], [30]	Wolseley [26]
Model		15	10	9/10	7/9	12/14	-
Rok výroby		1906	1907	1904-1907	1905	1905	1902
Zdvih	[mm]	114	90	90	95	115	152
Vrtání	[mm]	102	80	80	76	95	152
Zdvihový objem	[cm <sup>3</sup> ]	2780	1358	1358	1293	2445	8442
Rozvod ventilů		-	SV	-	-	-	-
Výkon	[HP]	15	10,5	10	9	14	45
Maximální otáčky		-	-	-	1300	1300	750
Maximální rychlost	[mph]	-	-	-	29	36	-
Cena*		-	£250	-	£200	£375	-

\*Dnes je hodnota libry přibližně stonásobná.

Značka	Alfa-Romeo [77]	Daewoo [45]	Daihatsu [42]	Daihatsu [43]	Daihatsu [43]
Označení motoru	HR 392	S-TEC	CB20	CB60	CB80
Model	33	Tico/Matiz	Charade	Charade	Charade Gtti
Palivo	nafta	benzín	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	1986	1998	1977	1985	1987
Zdvihový objem	1779 cm <sup>3</sup>	796 cm <sup>3</sup>	993 cm <sup>3</sup>	993 cm <sup>3</sup>	993 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	SOHC	SOHC	SOHC	SOHC	DOHC
Výkon	54 kW při 4000 min <sup>-1</sup>	38 kW při 6000 min <sup>-1</sup>	38 kW při 5600 min <sup>-1</sup>	50 kW při 5500 min <sup>-1</sup>	74 kW při 6500 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	153 N·m při 2400 min <sup>-1</sup>	69 N·m při 4600 min <sup>-1</sup>	75 N·m při 3200 min <sup>-1</sup>	106 N·m při 3200 min <sup>-1</sup>	130 N·m při 3500 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ano	ne	ne	ano	ano

Značka	Honda [80]	Honda [76]	Mitsubishi [80]	Mitsubishi [80]	Mitsubishi [80]
Označení motoru	E05A	ECA1	3G81	3G83	3G83 Turbo
Model	Today	Insight	Minica	Minica	Minica
Palivo	benzín	benzín	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	1988	1999	1987	1990	1990
Zdvihový objem	547 cm <sup>3</sup>	995 cm <sup>3</sup>	548 cm <sup>3</sup>	657 cm <sup>3</sup>	657 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	SOHC	DOHC	SOHC	SOHC	DOHC
Výkon	26 kW při 6500 min <sup>-1</sup>	51 kW při 5700 min <sup>-1</sup>	22 kW při 6500 min <sup>-1</sup>	29 kW při 6000 min <sup>-1</sup>	47 kW při 7500 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	44 N·m při 5200 min <sup>-1</sup>	92 N·m při 4800 min <sup>-1</sup>	41 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>	51 N·m při 4000 min <sup>-1</sup>	96 N·m při 4500 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ne	ne	ne	ne	ano

Značka	Opel [76]	Smart [76]	Smart [76]	Suzuki [78]	Suzuki [78]
Označení motoru	X10XE	0,6	0,8 cdi	F5A	F8B
Model	Corsa	Fortwo	Fortwo	Alto (pro Japonsko)	Alto (pro jiné trhy)
Palivo	benzín	benzín	nafta	benzín	benzín
Rok výroby	1997	1998	1999	1979	1981
Zdvihový objem	973 cm <sup>3</sup>	599 cm <sup>3</sup>	799 cm <sup>3</sup>	543 cm <sup>3</sup>	796 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	OHC	OHC	SOHC	SOHC
Výkon	40 kW při 5600 min <sup>-1</sup>	33 kW při 5250 min <sup>-1</sup>	30 kW při 4200 min <sup>-1</sup>	19 kW při 6000 min <sup>-1</sup>	29 kW při 6000 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	82 N·m při 2800 min <sup>-1</sup>	70 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>	100 N·m při 1800 min <sup>-1</sup>	35 N·m při 4000 min <sup>-1</sup>	59 N·m při 3500 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ne	ano	ano	ne	ne

Značka	Volkswagen [48]	Volkswagen [48]
Označení motoru	ANY/AYZ	AMF
Model	Lupo	Lupo/Polo
Palivo	nafta	nafta
Rok výroby	1999	1999
Zdvihový objem	1191 cm <sup>3</sup>	1422 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	OHC	OHC
Výkon	45 kW při 4000 min <sup>-1</sup>	55 kW při 4000 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	140 N·m při 1800 min <sup>-1</sup>	195 N·m při 2200 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ano	ano



Značka	BMW [69]	BMW [69]	Ford [58]	Ford [58]
Označení motoru	B38A15M0	B38K15T0	1.0 Ecoboost	1.0 Ecoboost
Model	118i/218i/318i/418i/X1 18i/Mini Cooper	i8	Fiesta/Focus/C-MAX/B-MAX	Fiesta/Focus/Mondeo/C-MAX/B-MAX
Palivo	benzín	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	2014	2013	2012	2012
Zdvihový objem	1499 cm <sup>3</sup>	1499 cm <sup>3</sup>	999 cm <sup>3</sup>	999 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC
Výkon	100 kW při 4500 min <sup>-1</sup>	170 kW při 5800 min <sup>-1</sup>	74 kW při 6000 min <sup>-1</sup>	92 kW při 6000 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	220 N·m při 1250 min <sup>-1</sup>	320 N·m při 3700 min <sup>-1</sup>	170 N·m při 1400 - 4500 min <sup>-1</sup>	170 N·m při 1400 - 4500 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ano	ano	ano	ano

Značka	Ford [79]	Honda [76]	Hyundai [74]	Hyundai [74]	Hyundai [76]
Označení motoru	1.5 Ecoboost	1.0 Turbo VTEC	Kappa 1.0 CVVT	Kappa 1.0 CVVT	1.0 T-GDI
Model	Fiesta ST	Civic	i10	i10	ix20/i30
Palivo	benzín	benzín	benzín	benzín/LPG	benzín
Rok výroby	2018	2017	2011	2011	2016
Zdvihový objem	neuvedeno	988 cm <sup>3</sup>	998 cm <sup>3</sup>	998 cm <sup>3</sup>	998 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC
Výkon	147 kW při ?	95 kW při 5500 min <sup>-1</sup>	51 kW při 6200 min <sup>-1</sup>	60 kW při 6400 min <sup>-1</sup>	88 kW při 6000 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	240 N·m při ?	200 N·m při 2250 min <sup>-1</sup>	95 N·m při 3500 min <sup>-1</sup>	94 N·m při 3500 min <sup>-1</sup>	172 N·m při 1500-4000 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ano	ano	ne	ne	ano

Značka	Hyundai [76]	Kia [76]	Nissan [76]	Opel [76]	Peugeot [76]
Označení motoru	D3EA	1.1 CRDi	1.2 DIG-T	1.0 ECOTEC Turbo	1.2 VTi
Model	Accent/Matrix/Getz	Picanto	Juke/Qashqai/Pulsar	Adam/Corsa	108/208/2008
Palivo	nafta	nafta	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	2001	2005	2014	2014	2012
Zdvihový objem	1493 cm <sup>3</sup>	1120 cm <sup>3</sup>	1197 cm <sup>3</sup>	999 cm <sup>3</sup>	1199 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC
Výkon	60 kW při 4000 min <sup>-1</sup>	55 kW při 4000 min <sup>-1</sup>	85 kW při 4500 min <sup>-1</sup>	85 kW při 5200 min <sup>-1</sup>	60 kW při 5750 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	184 Nm při 1900 min <sup>-1</sup>	153 Nm při 1900 min <sup>-1</sup>	190 N·m při 2000 min <sup>-1</sup>	170 N·m při 1800 - 4500 min <sup>-1</sup>	118 N·m při 2750 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ano	ano	ano	ano	ne

Značka	Peugeot [76]	Renault [76]	Renault [76]	Suzuki [76]	Škoda [55], [76]
Označení motoru	1.2 PureTech	0.9 TCe	1.2 TCe	1.0 BOOSTERJET	BMD/AWY
Model	208/2008/308	Clio/Twingo	Mégane	Baleno/Swift/S-Cross/Vitara	Fabia
Palivo	benzín	benzín	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	2014	2014	2014	2016	2002
Zdvihový objem	1199 cm <sup>3</sup>	898 cm <sup>3</sup>	1199 cm <sup>3</sup>	998 cm <sup>3</sup>	1198 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC	OHC
Výkon	81 kW při 5500 min <sup>-1</sup>	66 kW při 5500 min <sup>-1</sup>	97 kW při 5500 min <sup>-1</sup>	82 kW při 5500 min <sup>-1</sup>	40 kW při 4750 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	205 N·m při 1500 min <sup>-1</sup>	135 N·m při 2500 min <sup>-1</sup>	205 N·m při 2000 min <sup>-1</sup>	170 Nm při 2000-3500 min <sup>-1</sup>	106 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>
Přepínání	ano	ano	ano	ano	ne

Značka	Škoda [55], [76]	Škoda [55], [76]	Škoda [55], [76]	Škoda [55], [76]	Škoda [55], [76]
Označení motoru	BME/AZQ	CHFA/BBM	BZG/CHTA/CEVA/CGPA	CGPB	CGPC
Model	Fabia/Roomster	Fabia II	Fabia II/Roomster	Fabia II	Rapid
Palivo	benzín	benzín	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	2003	2006	2006	2011	2012
Zdvihový objem	1198 cm <sup>3</sup>	1198 cm <sup>3</sup>	1198 cm <sup>3</sup>	1198 cm <sup>3</sup>	1198 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	OHC	DOHC	DOHC	DOHC
Výkon	47 kW při 5400 min <sup>-1</sup>	44 kW při 5200 min <sup>-1</sup>	51 kW při 5400 min <sup>-1</sup>	44 kW při 5200 min <sup>-1</sup>	55 kW při 5400 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	112 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>	108 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>	112 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>	108 N·m při 3000 min <sup>-1</sup>	112 N·m při 3750 min <sup>-1</sup>
Přepřínování	ne	ne	ne	ne	ne

Značka	Toyota [76]	Volkswagen [76]	Volkswagen [76]	Volkswagen [76]
Označení motoru	1.0 VVT-i	1.0 TSI	1.0 TSI	1.0 MPI
Model	Aygo/Yaris	Up!/Polo	Polo/Golf	Up!/Polo
Palivo	benzín	benzín	benzín	benzín
Rok výroby	2005	2016	2016	2012
Zdvihový objem	998 cm <sup>3</sup>	999 cm <sup>3</sup>	999 cm <sup>3</sup>	999 cm <sup>3</sup>
Rozvod ventilů	DOHC	DOHC	DOHC	DOHC
Výkon	51 kW při 6000 min <sup>-1</sup>	70 kW při 5000 min <sup>-1</sup>	81 kW při 5000 min <sup>-1</sup>	55 kW při 6200 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	93 N·m při 3600 min <sup>-1</sup>	160 Nm při 1500-3500 min <sup>-1</sup>	200 Nm při 2000-3500 min <sup>-1</sup>	95 N·m při 3000 - 4300 min <sup>-1</sup>
Přepřínování	ne	ano	ano	ne